

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-083955

(43)Date of publication of application : 31.03.1998

---

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

---

(21)Application number : 09-016236

(71)Applicant : CANON INC

(22)Date of filing : 30.01.1997

(72)Inventor : WATANABE YUTAKA

---

(30)Priority

Priority number : 08190913    Priority date : 19.07.1996    Priority country : JP

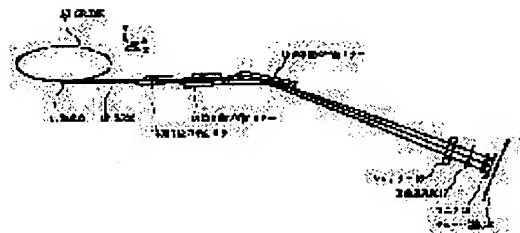
---

(54) EXPOSURE DEVICE AND METHOD OF MANUFACTURING DEVICE USING THIS

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide an exposure device, which augments the intensity of SR light, which is radiated on a required exposure surface, and is made the throughput enhance, by a method wherein the SR light is condensed at a large launch angle in the horizontal direction of synchrotron radiation (SR light), which is sheetlike electromagnetic waves, and a method of manufacturing a device using this exposure device.

SOLUTION: This exposure device is provided with at least one group of plane mirrors 13 and 14, which oppose to each other holding main light beams between them on the surface of an SR orbit and are respectively arranged on two steps in the direction of the main light rays, and more than one sheet of irradiation mirrors 15, which receive SR light 12 reflected from the plane mirrors to reflect the SR light and radiate the SR light on a mask 18. In this case, the first-step plane mirror 13 of the plane mirrors arranged on the two steps receives the SR light 12 and makes the received SR light 12 reflect on the second-step plane mirror 14, which is located on one side of the opposed positions holding the main light rays between them, the optical path of the SR light, which is reflected from the second-step plane mirror 14, is modified so that the effective region of a mask can be irradiated with the SR light and the direction of each plane mirror and the direction of the SR light, which is incided in each plane mirror, are set in the prescribed relation between each plane mirror and the SR light so as to prevent a plane, on which the SR light is formed, from being rotated.



Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] In the aligner which irradiates the synchrotron orbital radiation emitted from the source of SR at an irradiated object At least 1 set of flat-surface mirrors which countered on both sides of the chief ray on SR raceway surface, and have been arranged in the direction of a chief ray at two steps, Said flat-surface mirror which received said synchrotron orbital radiation reflected from said flat-surface mirror, reflected, was equipped with one or more exposure mirrors which irradiate said irradiated object, and has been arranged in two steps The flat-surface mirror of the 1st step receives said synchrotron orbital radiation emitted by the big angle of divergence in SR raceway surface from said source of SR. The flat-surface mirror of the 2nd step which is in an opposite location on both sides of said chief ray is reflected. An optical path is changed so that the service area of said irradiated object can irradiate said synchrotron orbital radiation reflected from the flat-surface mirror of this 2nd stage via said exposure mirror. And the aligner characterized by what the direction of said each flat-surface mirror and the direction of said synchrotron orbital radiation which carries out incidence are set up for by predetermined relation so that the flat surface which said synchrotron orbital radiation by which the optical path was changed forms may not rotate around said direction of a chief ray with said SR raceway surface.

[Claim 2] The aligner according to claim 1 which a part of synchrotron orbital radiation carries out incidence to said exposure mirror directly from said radiation light source, and is irradiated by said irradiated object with said synchrotron orbital radiation which carried out incidence from the flat-surface mirror arranged in said two steps.

[Claim 3] The aligner according to claim 1 or 2 which at least one of said exposure mirrors can vibrate, and extends an exposure field and irradiates the service area of said irradiated object by oscillation.

[Claim 4] It has a shutter between said exposure mirrors and said irradiated objects, and is the same aligner according to claim 3 as the oscillating direction of said exposure mirror where the direction of this shutter of operation can vibrate.

[Claim 5] An aligner given in any 1 term of claim 1 to claim 4 by which said exposure mirror for irradiating said irradiated object is constituted from one flat-surface mirror.

[Claim 6] An aligner given in any 1 term of claim 1 to claim 4 by which said exposure mirror for irradiating said irradiated object is constituted from one spherical-surface mirror.

[Claim 7] An aligner given in any 1 term of claim 1 to claim 4 by which said exposure mirror for irradiating said irradiated object is constituted from one cylindrical mirror.

[Claim 8] An aligner given in any 1 term of claim 1 to claim 4 by which said exposure mirror for irradiating said irradiated object is constituted from one spherical-surface mirror and one flat-surface mirror.

[Claim 9] An aligner given in any 1 term of claim 1 to claim 4 which consists of two flat-surface mirrors by which said exposure mirror for irradiating said irradiated object has been arranged succeeding said flat-surface mirror arranged in said two steps, and which counter mostly, and one cylindrical mirror.

[Claim 10] An aligner given in any 1 term of claim 1 to claim 4 which consists of two flat-surface mirrors by which said exposure mirror for irradiating said irradiated object has been arranged succeeding said flat-surface mirror arranged in said two steps, and which counter mostly, and one spherical-surface mirror.

[Claim 11] Said irradiated object is an aligner given in any 1 term of claim 1 which is a mask to claim 10 by which the exposure imprint of the pattern of this mask is carried out at a substrate.

[Claim 12] The device manufacture approach characterized by manufacturing a device using the aligner of claim 11.

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention makes the X-ray or vacuum ultraviolet radiation from the light source, such as an aligner, especially the radiation light source, emit, and relates to the device manufacture approach using the aligner and this which expand and expose an exposure field.

[0002]

[Description of the Prior Art] SR (synchrotron radiation) light source is the light source which has a big angle of divergence in SR raceway-surface inboard (it is usually called horizontally hereafter since SR raceway surface is installed in accordance with the level surface), and has a small angle of divergence in the direction (it is similarly called the direction of a vertical) vertical to SR raceway surface and which emits a sheet-like electromagnetic wave (an X-ray and vacuum ultraviolet radiation are included). Since the angle of divergence of the direction of a vertical is small, when synchrotron orbital radiation is irradiated as it is, in the direction of a vertical, it irradiates only in the small range. So, in the aligner using the radiation light source, a certain approach for extending the exposure area of the X-ray irradiated from SR light source in the direction of a vertical is needed.

[0003] As an approach (1) for this A \*\*\*\*\* mirror is arranged between SR light source and an exposure side. How to vibrate at an angle of Number mrad (R. P. Haelbich others) J.

Vac. Sci. & Technol. B1(4) Oct.-Dec. 1983, pp. 1262-1266 (2) The oblique incidence mirror of a curved-surface configuration is arranged between SR light source and an exposure side. By echo on a mirror curved surface the approach (it Grobman(s) Warren D. --) of expanding the angle of divergence of the direction of a vertical of an X-ray beam handbook on Synchrotron Radiation, Vol. 1, chap. 13, p. 1135, North-Holland Publishing CO., 1983, etc. are known. Moreover, (3) There is a method (JP, 1-244400, A) of expanding the angle of divergence of the direction of a vertical of an X-ray beam by shifting a mirror configuration from a cylindrical configuration and making the curvature of a periphery small continuously as the amelioration approach of (2), attaining strong equalization. Drawing 13 is the typical perspective view of the aligner of the conventional example (3), and the signs 131 in drawing of the point emitting light and 132 are [ a mirror and 133 ] masks. An angle of divergence is expanded in the direction of a vertical by the mirror 132 of a special configuration, and SR light from the point 131 emitting light is irradiated by the mask 133. And the exposure imprint of the pattern formed in this mask is carried out at a non-illustrated wafer substrate.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] Among these approaches, momentarily, a beam is irradiated by a part of exposure side, but, as for (1), the mask for exposure expands selectively. The effect of this expansion cannot be removed if the oscillation period of a mirror is not fully short, but it becomes difficult exact to imprint [ of a detailed pattern ] it. On the other hand, in order to shorten an oscillation period enough, big actuation power is needed and it cannot realize practical in many cases.

[0005] On the other hand, since (2) can carry out the package exposure of the necessary exposure side, while it covers the fault of (1) mentioned above, it can be called plan. however, by the above-mentioned reference, since the mirror configuration be cylindrical, while have the fault of lose energy remarkably with amplification of a beam, only SR light within the include angle which cannot condense the horizontal big angle of divergence of a sheet-like electromagnetic wave, therefore connect the point emit light and an exposure field horizontally can be use.

[0006] Although (3) has solved the fault of losing energy with amplification of a beam among the faults of (2), it is the same as that of (2). [ of the ability to use horizontally only SR light within the include

angle which connects the point emitting light and an exposure field ] Therefore, from (2), the reinforcement irradiated by the necessary exposure side needed to perform improvement in a throughput of exposure by adopting the means of whether buildup of light source reinforcement is aimed at, or to aim at lifting of the sensibility of a resist further, although improved greatly. This will cause cost lifting of SR light source, buildup of the magnitude of SR light source, or cost lifting by resist development. [0007] Although there is also the approach of vibrating at an angle of Number mrad giving concave curvature to an oblique incidence mirror in the vertical direction with the optical axis of SR light as amelioration of (1), and condensing SR light in the point of on the other hand condensing the horizontal big angle of divergence of a sheet-like electromagnetic wave It is completely the same as that of (1) without a beam being momentarily irradiated by a part of exposure side, but shortening the oscillation period of a mirror enough that the exact imprint of a detailed pattern becomes difficult.

[0008] If the object of this invention attracts buildup of the reinforcement irradiated by the necessary exposure side, without aiming at buildup of light source reinforcement by condensing the horizontal big angle of divergence of SR light which is a sheet-like electromagnetic wave at the same time it performs the exact imprint of a detailed pattern by carrying out the package exposure of the necessary exposure side in view of the fault of the above-mentioned conventional example, it is to offer the aligner whose throughput improved.

[0009]

[Means for Solving the Problem] In the aligner which irradiates the synchrotron orbital radiation to which the aligner of this invention was emitted from the source of SR at an irradiated object At least 1 set of flat-surface mirrors which countered on both sides of the chief ray on SR raceway surface, and have been arranged in the direction of a chief ray at two steps, The flat-surface mirror which received the synchrotron orbital radiation reflected from the flat-surface mirror, reflected, was equipped with one or more exposure mirrors which irradiate an irradiated object, and has been arranged in two steps The flat-surface mirror of the 1st step receives the synchrotron orbital radiation emitted by the big angle of divergence in SR raceway surface from the source of SR. An optical path is changed. it reflects in the flat-surface mirror of the 2nd step which is in an opposite location on both sides of a chief ray -- making -- this -- the synchrotron orbital radiation reflected from the flat-surface mirror of the 2nd step so that the service area of an irradiated object can be irradiated via an exposure mirror And with SR raceway surface, the flat surface which the synchrotron orbital radiation by which the optical path was changed forms is set up due to predetermined in the direction of each flat-surface mirror, and the direction of synchrotron orbital radiation which carries out incidence so that it may not rotate around the direction of a chief ray.

[0010] Moreover, it is desirable that an irradiated object irradiates with the synchrotron orbital radiation in which a part of synchrotron orbital radiation carried out incidence to the direct exposure mirror from SR light source and which carried out incidence from the flat-surface mirror arranged in two steps.

[0011] Furthermore, at least one exposure mirror can vibrate, an exposure field may be extended by oscillation, the service area of an irradiated object may be irradiated, and it may have a shutter between an exposure mirror and an irradiated object, and may be the same as that of the oscillating direction of an exposure mirror where the direction of this shutter of operation can vibrate.

[0012] The exposure mirror for irradiating an irradiated object may consist of one flat-surface mirror. You may consist of one spherical-surface mirror, and may consist of one cylindrical mirror. You may consist of one spherical-surface mirror and one flat-surface mirror, and may consist of two flat-surface mirrors which have been arranged succeeding the flat-surface mirror arranged in two steps and which counter mostly, and one cylindrical mirror. You may consist of two flat-surface mirrors which have been arranged succeeding the flat-surface mirror arranged in two steps and which counter mostly, and one spherical-surface mirror.

[0013] Moreover, an irradiated object is a mask and the exposure imprint of the pattern of this mask may be carried out at a substrate.

[0014] The device manufacturing installation of this invention manufactures a device using an above-mentioned aligner.

[0015] When two flat-surface mirrors cannot be found by making an optical path change so that the service area of an irradiated object may be irradiated to the synchrotron orbital radiation by which two easy flat-surface mirrors of processing were made to counter mostly, is [ of synchrotron orbital radiation ] separated from a chief ray in this invention, and outgoing radiation was carried out into SR raceway surface at the big include angle, it becomes possible to use effectively the synchrotron orbital radiation which was not able to irradiate an irradiated object.

[0016] In this invention moreover, between the direction of two flat-surface mirrors, and the direction of outgoing radiation synchrotron orbital radiation At the same time it makes an optical path change so that the service area of an irradiated object may be irradiated via an exposure mirror by setting up a certain fixed relation The description is with SR raceway surface before the field which synchrotron orbital radiation forms after emanating in SR raceway surface and being reflected by two mirrors is reflected to make it not rotate around the direction of a chief ray of synchrotron orbital radiation. That is, after the synchrotron orbital radiation by which outgoing radiation was carried out is reflected by two flat-surface mirrors in SR raceway surface, it is the same as that of the direction of intensity distribution before the direction of intensity distribution is reflected, and is the direction of a vertical. Furthermore, this synchrotron orbital radiation can be irradiated by irradiating in the required direction in the service area of an irradiated object by expanding the angle of divergence of the direction of a vertical of an X-ray beam by one spherical-surface mirror or cylindrical mirror, or one flat-surface mirror.

[0017] Moreover, the field of synchrotron orbital radiation where the synchrotron orbital radiation which it was reflected by the flat-surface mirror of the 1st step and the 2nd step, and carried out incidence to the exposure mirror, and the synchrotron orbital radiation which passed through between the flat-surface mirrors of the 1st step and the 2nd step, and carried out incidence to the direct exposure mirror are irradiated by the irradiated object since the coordinates (about y coordinates) of the direction of a vertical of an irradiated object can differ is expanded.

[0018] Furthermore, at least one exposure mirror can vibrate and the field of the irradiated object irradiated compared with the case where an exposure mirror is not vibrated can be expanded more by extending an exposure field and irradiating the service area of an irradiated object by oscillation.

[0019]

[Embodiment of the Invention] Next, the gestalt of operation of the aligner used for the device manufacture approach of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 1 is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 1st of this invention, drawing 2 is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror, (a) is a side elevation and (b) is a plan. As for the sign 10 in drawing, as for SR light source, the flat-surface mirror of the 3rd step the flat-surface mirror of the 2nd step, and whose 15 and 25 SR light, and 13 and 23 are [ for the point emitting light and 12 and 22 / 11 and 21 ] exposure mirrors as for the flat-surface mirror of the 1st step, and 14 and 24, and 16, a shutter and 17 are [ a radioparency aperture and 18 ] SR light by which a mask and 20 were turned to the wafer substrate and 26 was turned to the mask.

[0020] Since it was easy, the electron orbit of the SR light source 10 was expressed in the circular orbit. Although it exists variously, a ball-race truck form, a square, and when [ other ] an electron orbit is bent with a bending magnet, as for actual SR, the SR light 12 and 22 is emitted to a tangential direction. With the gestalt of this operation, it is reflected by the flat-surface mirrors 13 and 23 of the 1st step, and the SR light 12 and 22 which carried out outgoing radiation at the large include angle from the points 11 and 21 emitting light is reflected by the flat-surface mirrors 14 and 24 of the 2nd step after that. Here, as shown in drawing 1, SR light of two trains which the mirror 13 of the 1st step and the mirror 14 of the 2nd step have two per set, and outgoing radiation is carried out to the both sides of a chief ray at a large include angle, and carry out incidence to each mirror is reflected, respectively.

[0021] It is vertical to SR raceway surface, and system of coordinates are made into the y-axis in the upper part, as shown in drawing 1, the direction of outgoing radiation of SR light (it is called the direction of a chief ray of SR light) is made into the z-axis with the tangent in a certain point on the electron orbit of SR (this point is called the point emitting light), and are vertical to both the y-axis and the z-axis, and let the direction which makes a left-hand system be a x axis. x and the z-axis will be in SR raceway surface. The core of a mask 18 is mostly installed in the field of  $x=0$ , i.e., a y-z side. Moreover, SR light which carries out outgoing radiation to z shaft orientations from the point emitting light is called a chief ray.

[0022] By drawing 2, in order to simplify explanation, only SR light which carried out outgoing radiation to the positive direction of x at the include angle  $\phi$  is shown. SR light reflected by the mirrors 14 and 24 of the 2nd step is turned in the direction of a mask 18, after being reflected by the flat-surface mirrors 15 and 25 of the 3rd step which are exposure mirrors. Then, a mask 18 irradiates, after passing opening of the shutter 16 for controlling light exposure and passing through the radioparency aperture 17. SR light which penetrated the mask is irradiated by the wafer substrate 20 which carried out resist spreading after that.

[0023] With the gestalt of this operation, further, a part of SR light which carried out outgoing radiation in the direction of a chief ray as shown by drawing 1 Although it passes through between the mirrors

which have countered, and is directly reflected by the flat-surface mirrors 15 and 25 of the 3rd step and it is turned in the direction of a mask 18, without being reflected by the flat-surface mirrors 13 and 23 of the 1st step, and the flat-surface mirrors 14 and 24 of the 2nd step There may not be SR light irradiated by the 3rd flat-surface mirror directly [ this ].

[0024] SR light is the electromagnetic wave (an X-ray and vacuum ultraviolet radiation are included) of the shape of a sheet which has a big angle of divergence horizontally (SR raceway-surface inboard), and has a small angle of divergence in the direction of a vertical (direction vertical to SR raceway surface) (strictly, outgoing radiation of this the "SR light with a horizontally big angle of divergence" has not been carried out from one point emitting light, and it is carrying out outgoing radiation to the tangential direction from each point on the electron orbit of SR.). Here, it is regarded as SR light which carries out outgoing radiation of the SR light which carries out outgoing radiation with the angle of divergence corresponding to the die length of the electron orbit from one point emitting light from the electron orbit of SR of such small die length that it can be enough regarded as a point.

[0025] In this invention, when two flat-surface mirrors cannot be found by making an optical path change so that the service area of a mask may be irradiated in SR light by which two easy flat-surface mirrors of processing were made to counter mostly, is [ of SR light ] separated from a chief ray, and outgoing radiation was carried out into SR raceway surface at the big include angle, SR light of the outside which was not able to irradiate a mask is used effectively.

[0026] Although SR light emitted in SR raceway surface forms one flat surface (while natural SR raceway surface), after being reflected by two flat-surface mirrors, one flat surface is formed similarly. Generally, the flat surface of SR light currently formed after being reflected by these two flat-surface mirrors does not become in parallel with SR raceway surface before being reflected, but will be rotated around the direction of a chief ray of SR light. Although SR light by which outgoing radiation was carried out into SR raceway surface has uniform reinforcement, SR light by which was not fixed as for SR luminous intensity by which outgoing radiation was carried out perpendicularly, and outgoing radiation was mostly carried out into SR raceway surface for the gauss \*\*\*\* and intermediary \*\*\*\* reason will differ from the direction of intensity distribution before the direction of intensity distribution is reflected, after being reflected by two flat-surface mirrors.

[0027] In this invention, the gestalt of the operation after [ 2nd ] mentioning later is also included. Between the direction of two flat-surface mirrors, and the direction of outgoing radiation SR light At the same time it makes an optical path change so that the service area of a mask may be irradiated by setting up a certain fixed relation The description is with SR raceway surface before the field which SR light forms after emanating in SR raceway surface and being reflected by two mirrors is reflected to make it not rotate around the direction of a chief ray of SR light. That is, after SR light by which outgoing radiation was carried out is reflected by two flat-surface mirrors in SR raceway surface, it is the same as that of the direction of intensity distribution before the direction of intensity distribution is reflected, and is the direction of a vertical. Furthermore, this SR light can be irradiated by irradiating in the required direction in the service area of a mask by expanding the angle of divergence of the direction of a vertical of an X-ray beam by one spherical-surface mirror or cylindrical mirror, or one flat-surface mirror.

[0028] Below, a certain fixed relation which should be set up between the direction of two flat-surface mirrors and the direction of outgoing radiation SR light is concretely explained using a formula.

[0029] \*\* KUTORU of SR light which carried out outgoing radiation at an angle of  $\phi$  into the level surface from the point emitting light as shown in drawing 2 ( $\sin\phi$ , 0,  $\cos\phi$ ), It is expressed.

[0030] If the angle which the normal vector of the mirror of the 1st step and the z-axis make is set to  $\beta_1$  ( $0 \leq \beta_1 \leq \pi$ ) and the projection to xy flat surface of the normal vector of the mirror of the 1st step sets a x axis and the angle to make to  $\alpha_1$  ( $0 \leq \alpha_1 \leq 2\pi$ ) The normal vector of the 1st mirror is expressed as ( $\cos\alpha_1 \sin\beta_1$ ,  $\sin\alpha_1 \sin\beta_1$ , and  $\cos\beta_1$ ). Again If the angle which the normal vector of the mirror of the 2nd step and the z-axis make is set to  $\beta_2$  ( $0 \leq \beta_2 \leq \pi$ ) and the projection to xy flat surface of the normal vector of the mirror of the 2nd step sets a x axis and the angle to make to  $\alpha_2$  ( $0 \leq \alpha_2 \leq 2\pi$ ) The normal vector of the 2nd mirror is expressed as ( $\cos\alpha_2 \sin\beta_2$ ,  $\sin\alpha_2 \sin\beta_2$ , and  $\cos\beta_2$ ).

[0031] the vector ( $\sin\phi$ , 0,  $\cos\phi$ ) of SR light which carried out outgoing radiation into the level surface -- and It is vertical to the vector of SR light, and the \*\*\*\* vector about the mirror of the 1st step of the vector within the level surface ( $\cos\phi$ , 0,  $-\sin\phi$ ) is searched for respectively. Next, the vector after being reflected by two mirrors of SR light which carried out outgoing radiation in the level surface, and a vector vertical to the vector can be found by searching for respectively the \*\*\*\*



vector about the mirror of the 2nd step of the vector. y component of a vector vertical to the vector of SR light after being reflected by two mirrors  $2[-\{1-2\cos^2\alpha_1 \sin^2\beta_1 \cos\phi + 2\cos\alpha_1 \sin\beta_1 \cos\beta_1 \sin\phi\}$

$x\sin\alpha_2 \cos\alpha_2 \sin^2\beta_2 + (-\sin\alpha_1 \cos\alpha_1 \sin^2\beta_1 \cos\phi + \sin\alpha_1 \sin\beta_1 \cos\beta_1 \sin\phi)$

$\times (1-2\sin^2\alpha_2 \sin^2\beta_2)$

$- \{-2\cos\alpha_1 \sin\beta_1 \cos\beta_1 \cos\phi + (1-2\sin^2\beta_1) \sin\phi\} \sin\alpha_2 \sin\beta_2 \cos\beta_2]$

It can be found. Since, as for saying [ that the y component is 0 ], SR raceway surface before the field which SR light forms is reflected means not rotating around the direction of a chief ray of SR light after being reflected by two mirrors emitted in SR raceway surface, after all -- between the directions  $\phi$  of the direction  $\alpha_2$  of the mirror of the direction  $\alpha_1$  of the mirror of the 1st step,  $\beta_1$ , and the 2nd step,  $\beta_2$ , and outgoing radiation SR light  $\{(1-2\cos^2\alpha_1 \sin^2\beta_1) - \cos\phi + 2\cos\alpha_1 \sin\beta_1 \cos\beta_1 \sin\phi\}$

$x\sin\alpha_2 \cos\alpha_2 \sin^2\beta_2 + (-\sin\alpha_1 \cos\alpha_1 \sin^2\beta_1 \cos\phi + \sin\alpha_1 \sin\beta_1 \cos\beta_1 \sin\phi)$

$\times (1-2\sin^2\alpha_2 \sin^2\beta_2)$

$- \{-2\cos\alpha_1 \sin\beta_1 \cos\beta_1 \cos\phi + (1-2\sin^2\beta_1) \sin\phi\} \sin\alpha_2 \sin\beta_2 \cos\beta_2 = 0$  (the 1st formula)

When it has \*\*\*\*\*, with SR raceway surface before the field which SR light forms after emanating in SR raceway surface and being reflected by two mirrors is reflected, it will not rotate around the direction of a chief ray of SR light.

[0032] the time of two mirrors having countered thoroughly, as for this relation -- namely, --  $\alpha_2 = \alpha_1 + \pi$   $\beta_2 = \beta_1$  (the 2nd formula)

At the time of \*\*, it was concerned with the value of  $\phi$  and materialized that there is nothing.

However, the sense of the beam of light after being reflected by two flat-surface mirrors in this case SR light after not changing and being reflected by two flat-surface mirrors by expanding the angle of divergence of the direction of a vertical of an X-ray beam by one spherical-surface mirror or cylindrical mirror Or since it can be said that the service area of a mask is irradiated by irradiating in the required direction by one flat-surface mirror, the solution with which two conditions of the 2nd formula are filled is not desirable.

[0033] Of course, when the 1st formula is filled strictly The field which SR light forms after emanating in SR raceway surface and being reflected by two mirrors Although it will not rotate around the direction of a chief ray of SR light and SR raceway surface before being reflected is the most desirable If SR raceway surface before being reflected is 5mrad extent around the direction of a chief ray of SR light, even if it will rotate, in order not to be contrary to the main point of this invention, the absolute value of the 1st formula should just be 0.0025 or less.

[0034] If only the mirror shown in drawing 2 is shown, since it is referred to as  $\phi = 17.5\text{mrad}$   $\alpha_1 = 2.902\text{rad}$   $\beta_1 = 13.0\text{mrad}$   $\alpha_2 = -0.240\text{rad}$   $\beta_2 = 22.0\text{mrad}$ , it will be satisfied with the gestalt of this operation of the 1-th formula. Therefore, the field which SR light which was emitted in SR raceway surface and reflected by the mirror 24 of the 2nd step forms is not rotated around the direction of a chief ray of SR light with SR raceway surface before being reflected. Moreover, on this condition, since SR light reflected from the mirror 24 of the 2nd step is hardly rotating around the y-axis with a chief ray as shown in the plan of drawing 2 (b), when a mask is reached especially, x components hardly change. At the above-mentioned conditions, two mirrors are  $\alpha_1 - \alpha_2 \approx \pi$  and are  $\beta_1$  and  $\beta_2$ . Since it is sufficiently small, most of two mirrors has countered.

[0035] The beam of light and chief ray which were shown in drawing 2 are inserted. With the beam of light by the side of reverse, for example,  $\phi = -17.5\text{mrad}$  By setting the include angle of two mirrors to  $\alpha_1 = -0.240\text{rad}$   $\beta_1 = 13.0\text{mrad}$   $\alpha_2 = 2.902\text{rad}$   $\beta_2 = 22.0\text{mrad}$  1 set of SR light which carried out outgoing radiation to the both sides of a chief ray at the large include angle is turned in the direction of a mask, without satisfying the 1st formula and each mirror interfering.

[0036] Furthermore, in the gestalt of this operation, since 1 set of SR light which carried out outgoing radiation to the both sides of a chief ray at the large include angle is reflected by 2 sets of mirrors which are in the relation of the symmetry of revolution around a chief ray as shown in drawing 1, the reinforcement on overlap and a mask serves as distribution which those SR light tends to amend on a mask.

[0037] Moreover, the field of SR light where SR light which was reflected by the flat-surface mirror of the 1st step and the 2nd step, and was reflected by the flat-surface mirror of the 3rd step, and SR light

which passed through between the flat-surface mirrors of the 1st step and the 2nd step, and was directly reflected by the flat-surface mirror of the 3rd step are irradiated by the mask since the coordinates (about y coordinates) of the direction of a vertical of a mask differ be expanded.

[0038] The technical problem that the field irradiated by SR light at the same time a rise on the strength is performed by putting together on a mask and irradiating is expanded is realized by making an optical path change SR light which carried out outgoing radiation at the large include angle as a result.

[0039] The explanation using the formula about a certain fixed relation which should be set up between the direction of the above two flat-surface mirrors and the direction of outgoing radiation SR light is similarly applied about the gestalt of operation of the 2nd henceforth.

[0040] In the gestalt of this operation, although the mirror of the 3rd step which is an exposure mirror for irradiating a mask was explained as one flat-surface mirror, you may constitute from one spherical-surface mirror or a cylindrical mirror.

[0041] Next, the gestalt of operation of the 2nd of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 3 is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 2nd of this invention, drawing 4 is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror, (a) is a side elevation and (b) is a plan. As for the sign 30 in drawing, as for SR light source, the flat-surface mirror of the 3rd step the flat-surface mirror of the 2nd step, and whose 35 and 45 SR light, and 33 and 43 are [ for the point emitting light and 32 and 42 / 31 and 41 ] exposure mirrors as for the flat-surface mirror of the 1st step, and 34 and 44, and 36, a shutter and 37 are [ a radioparency aperture and 38 ] SR light by which a mask and 40 were turned to the wafer substrate and 46 was turned to the mask.

[0042] With the gestalt of this operation, in the gestalt of the 1st operation, the flat-surface mirrors 35 and 45 of the 3rd step which were immobilization can vibrate so that SR light reflected by having a revolving shaft in the level surface may be diffused in the vertical approach, as shown to the 3rd about 35 flat-surface mirror of drawing 3 by the arrow head. SR light which carried out incidence to the same point of the flat-surface mirror 45 of the 3rd step so that clearly [ in drawing 4 ] turns into the SR light 46 which had a flare perpendicularly, after being reflected by vibrating the flat-surface mirror 35 of the 3rd step. From this, SR light will have a flare according to the direction of a vertical as compared with the case where the oscillation of the flat-surface mirrors 35 and 45 of the 3rd step is fixed.

[0043] In an X-ray aligner, since a reflection factor changes a lot to the incident angle of a mirror, by rotating a mirror, the incident angle of SR light to a mirror will change, and in the direction where SR light spreads, i.e., the gestalt of this operation, when a mirror rotates, intensity distribution will occur in the direction of a vertical. As the arrow head showed to the direction which SR light can extend on a mask by oscillation of a mirror, i.e., drawing 3, near the shutter 36, by setting up so that it may move in the direction of a vertical, a shutter 36 can negate the intensity distribution generated by rotating a mirror, and can perform uniform exposure.

[0044] In the gestalt of this operation, namely, 1 set of SR light which carried out outgoing radiation to the both sides of a chief ray at the large include angle Since the flat-surface mirror of the 3rd step which is reflected by 2 sets of mirrors which are in the relation of the symmetry of revolution around a chief ray as shown in drawing 3, and receives the exposure light is vibrated, the reinforcement on overlap and a mask serves as distribution which those SR light tends to amend on a mask.

[0045] Moreover, the field of SR light where SR light which was reflected by the flat-surface mirror of the 1st step and the 2nd step, and was reflected by the flat-surface mirror of the 3rd step, and SR light which passed through between the flat-surface mirrors of the 1st step and the 2nd step, and was directly reflected by the flat-surface mirror of the 3rd step are irradiated by the mask since the coordinates (about y coordinates) of the direction of a vertical of a mask differ be expanded.

[0046] By making an optical path change SR light which carried out outgoing radiation at the large include angle as a result, the field irradiated by SR light at the same time a rise on the strength is performed by putting together on a mask and irradiating is expanded, and the technical problem that equalization of exposure reinforcement is achieved is realized further.

[0047] Since it is the same as other structures or the gestalt of the 1st operation about a function, explanation is omitted. In the gestalt of this operation, although the mirror of the 3rd step which is an exposure mirror for irradiating a mask was explained as one flat-surface mirror, you may constitute from one spherical-surface mirror or a cylindrical mirror.

[0048] Next, the gestalt of operation of the 3rd of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 5 is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 3rd of this invention, drawing 6 is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a



mirror, (a) is a side elevation and (b) is a plan. The sign 50 in drawing the point emitting light, and 52 and 62 for SR light source, and 51 and 61 SR light, The flat-surface mirror of the 1st step, and 54 and 64 53 and 63 The flat-surface mirror of the 2nd step, It is SR light by which 55, the spherical-surface mirror of the 3rd step whose 65 is an exposure mirror, the flat-surface mirror of the 4th step a mask, and whose 59 and 69 a shutter and 57 are [ for 56 ] exposure mirrors as for a radioparency aperture and 58, and 60 were turned to the wafer substrate, and 66 was turned to the mask.

[0049] Since it was easy, the electron orbit of SR light source was expressed in the circular orbit. With the gestalt of this operation, it is reflected by the flat-surface mirrors 53 and 63 of the 1st step, and the SR light 52 and 62 which carried out outgoing radiation at the large include angle from the points 51 and 61 emitting light is reflected by the flat-surface mirrors 54 and 64 of the 2nd step after that. Here, as shown in drawing 5, SR light of two trains which carry out outgoing radiation of the mirror 53 of the 1st step and the mirror 54 of the 2nd step to the both sides of 1 set of those with two sheet and a chief ray at a large include angle, and carry out incidence to each mirror is reflected, respectively. By drawing 6, since it is easy, only SR light which carried out outgoing radiation to the positive direction of x at the include angle phi is shown. SR light reflected by the mirrors 54 and 64 of the 2nd step is reflected by the spherical-surface mirrors 55 and 65 of the 3rd step, and an angle of divergence is expanded in the direction of a vertical. Then, the direction of SR light is further changed by the flat-surface mirrors 59 and 69 of the 4th step, and it is turned in the direction of a mask 58. Then, a mask 58 irradiates, after passing opening of the shutter 56 for controlling light exposure and passing through the radioparency aperture 57. SR light which penetrated the mask is irradiated by the wafer substrate 60 which applied the resist after that.

[0050] With the gestalt of this operation, further, SR light which carried out outgoing radiation in the direction of a chief ray as shown by drawing 5 Without being reflected by the flat-surface mirrors 53 and 63 of the 1st step, and the flat-surface mirrors 54 and 64 of the 2nd step Although pass through between the mirrors which have countered and it is directly reflected by the spherical-surface mirrors 55 and 65 of the 3rd step, and an angle of divergence is expanded in the direction of a vertical, it is reflected by the flat-surface mirror of the 4th step and it is turned in the direction of a mask 58, there may not be SR light irradiated by the 3rd flat-surface mirror directly [ this ].

[0051] In the gestalt of this operation, since the include angle of the mirror of the 1st step and the mirror of the 2nd step is set up so that the 1st formula may be satisfied, the field which SR light which was emitted in SR raceway surface and reflected by the mirror 64 of the 2nd step forms is not rotated around the direction of a chief ray of SR light with SR raceway surface before being reflected.

[0052] Furthermore, since it is reflecting also in the gestalt of this operation by 2 sets of mirrors which are in the relation of the symmetry of revolution around a chief ray as 1 set of SR light which carried out outgoing radiation to the both sides of a chief ray at the large include angle like the gestalt of the 1st operation is shown in drawing 5, the reinforcement on overlap and a mask serves as distribution which those SR light tends to amend on a mask.

[0053] Moreover, since SR light reflected by the flat-surface mirror of the 1st step and the 2nd step and SR light which direct-people-\*\* from the light source are reflected by the spherical-surface mirror of the 3rd step, the field of SR light irradiated by the mask is expanded.

[0054] The technical problem that the field irradiated by SR light is expanded is also realized at the same time a rise on the strength is performed by irradiating at a mask SR light which carried out outgoing radiation at the large include angle also in the gestalt of this operation as a result.

[0055] In the gestalt of this operation, although the exposure mirror which irradiates a mask was explained as combination of the spherical-surface mirror of the 3rd step, and the flat-surface mirror of the 4th step, it is also possible to constitute a flat-surface mirror, a spherical-surface mirror, and a cylindrical mirror according to arbitration two pieces.

[0056] Next, the gestalt of operation of the 4th of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 7 is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 4th of this invention, drawing 8 is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror, (a) is a side elevation and (b) is a plan. The sign 70 in drawing the point emitting light, and 72 and 82 for SR light source, and 71 and 81 SR light, The flat-surface mirror of the 1st step, and 74 and 84 73 and 83 The flat-surface mirror of the 2nd step, For a shutter and 77, it comes out and, as for a mask, and 79 and 89, a radioparency aperture and 78 are [ 75, the spherical-surface mirror of the 3rd step whose 85 is an exposure mirror, and 76 / an exposure mirror and 80 ] a wafer substrate, and a certain flat-surface mirror of the 4th step and SR light by which 86 was turned to the mask.

[0057] With the gestalt of this operation, in the gestalt of the 3rd operation, the oscillation in the

direction of a vertical is almost attained by the flat-surface mirrors 79 and 89 of the 4th step which were immobilization as is shown to about 79 flat-surface mirror of the 4th step of drawing 7 by the arrow head, and SR light reflected by oscillation is diffused in the vertical approach. SR light which carried out incidence to the same point of the flat-surface mirror 89 of the 4th step so that clearly [ in drawing 8 ] turns into the SR light 86 which had a flare perpendicularly, after being reflected by vibrating the flat-surface mirror 89 of the 4th step in the direction of a vertical. From this, SR light will have a flare according to the direction of a vertical as compared with the case where the oscillation of the flat-surface mirrors 79 and 89 of the 4th step is fixed.

[0058] In an X-ray aligner, since it has acceleration in the oscillating direction by a reflection factor's changing a lot to the incident angle of a mirror, and vibrating a mirror, when a mirror vibrates, in the direction where SR light spreads, i.e., the gestalt of this operation, intensity distribution will occur in the direction of a vertical. As the arrow head showed to the direction which SR light can extend on a mask by oscillation of a mirror, i.e., drawing 7, near the shutter 76, by setting up so that it may move in the direction of a vertical, a shutter 76 can negate the intensity distribution which generate a mirror by vibrating, and can perform uniform exposure.

[0059] In the gestalt of this operation, namely, 1 set of SR light which carried out outgoing radiation to the both sides of a chief ray at the large include angle Since the flat-surface mirror of the 4th step which is reflected by 2 sets of mirrors which are in the relation of the symmetry of revolution around a chief ray as shown in drawing 7, and receives the exposure light is vibrated, the reinforcement on overlap and a mask serves as distribution which those SR light tends to amend on a mask.

[0060] Moreover, the field of SR light irradiated by the mask is expanded by SR light which was reflected by the flat-surface mirror of the 1st step and the 2nd step, and was reflected by the spherical-surface mirror of the 3rd step, and SR light which passed through between the flat-surface mirrors of the 1st step and the 2nd step, and was directly reflected by the spherical-surface mirror of the 3rd step.

[0061] By making an optical path change SR light which carried out outgoing radiation at the large include angle as a result, the field irradiated by SR light at the same time a rise on the strength is performed by putting together on a mask and irradiating is expanded, and the technical problem that equalization of exposure reinforcement is achieved is realized further.

[0062] Since it is the same as other structures or the gestalt of the 3rd operation about a function, explanation is omitted. In the gestalt of this operation, although the exposure mirror which irradiates a mask was explained as combination of the spherical-surface mirror of the 3rd step, and the flat-surface mirror of the 4th step, it is also possible to constitute a flat-surface mirror, a spherical-surface mirror, and a cylindrical mirror according to arbitration two pieces.

[0063] Next, the gestalt of operation of the 5th of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 9 is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 5th of this invention, drawing 10 is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror, (a) is a side elevation and (b) is a plan. The sign 90 in drawing is SR light by which the flat-surface mirror of the 3rd step a mask and whose 99,109 a shutter and 97 are [ for SR light source, the cylindrical mirror of the 4th step the flat-surface mirror of the 2nd step and whose 95,105 SR light and 93,103 are / 91,101 / for the point emitting light and 92,102 / exposure mirrors as for the flat-surface mirror of the 1st step and 94,104, and 96 ] exposure mirrors as for a radioparency aperture and 98, and 100 were turned to the wafer substrate, and 106 was turned to the mask.

[0064] Since it was easy, the electron orbit of SR light source was expressed in the circular orbit. With the gestalt of this operation, it is reflected by the flat-surface mirror 93,103 of the 1st step, and the SR light 92,102 which carried out outgoing radiation at the large include angle from the point 91,101 emitting light is reflected by the flat-surface mirror 94,104 of the 2nd step after that. Here, as shown in drawing 9, SR light of two trains which carry out outgoing radiation of the mirror 93 of the 1st step and the mirror 94 of the 2nd step to the both sides of 1 set of those with two sheet and a chief ray at a large include angle, and carry out incidence to each mirror is reflected, respectively. By drawing 10, since it is easy, only SR light which carried out outgoing radiation to the positive direction of x at the include angle  $\phi$  is shown. The direction of SR light is further changed by the flat-surface mirror 99,109 of the 3rd step, and incidence of the SR light reflected by the mirror 94,104 of the 2nd step is carried out to the cylindrical mirror 95,105 of the 4th step which makes a convex configuration. SR light which the angle of divergence was expanded in the direction of a vertical by the convex cylindrical mirror 95,105, and was reflected is turned in the direction of a mask 98 after that. Then, after passing through the radioparency aperture 97, opening of the shutter 96 for controlling light exposure is passed, and a mask 98 irradiates. SR light which penetrated the mask is irradiated by the wafer substrate 100 which applied

the resist after that.

[0065] With the gestalt of this operation, further, SR light which carried out outgoing radiation in the direction of a chief ray as shown by drawing 9 Without being reflected by the flat-surface mirrors 93 and 103 of the 1st step, the flat-surface mirrors 94 and 104 of the 2nd step, and the 3rd flat-surface mirror 99,109 It passes through between the mirrors which have countered, and is directly reflected by the cylindrical mirror 95,105 of the 4th step, an angle of divergence is expanded in the direction of a vertical, and it is turned in the direction of a mask 98.

[0066] In the gestalt of this operation, since the include angle of the mirror of the 1st step and the mirror of the 2nd step is set up so that the 1st formula may be satisfied, the field which SR light which was emitted in SR raceway surface and reflected by the mirror 104 of the 2nd step forms is not rotated around the direction of a chief ray of SR light with SR raceway surface before being reflected.

[0067] Furthermore, since it is reflecting also in the gestalt of this operation by 2 sets of mirrors which are in the relation of the symmetry of revolution around a chief ray as 1 set of SR light which carried out outgoing radiation to the both sides of a chief ray at the large include angle like the gestalt of the 1st operation is shown in drawing 9 , the reinforcement on overlap and a mask serves as distribution which those SR light tends to amend on a mask.

[0068] Moreover, since SR light reflected by the flat-surface mirror of the 1st step and the 2nd step and the flat-surface mirror of the 3rd step and SR light which direct-people-\*\* from the light source are reflected by the cylindrical mirror of the 4th step and an angle of divergence is expanded in the direction of a vertical, the field of SR light irradiated by the mask is expanded.

[0069] The technical problem that the field irradiated by SR light is expanded is also realized at the same time a rise on the strength is performed by irradiating at a mask SR light which carried out outgoing radiation at the large include angle also in the gestalt of this operation as a result.

[0070] It is also possible to use and constitute a flat-surface mirror and a spherical-surface mirror from a gestalt of this operation instead of being a cylindrical mirror although the cylindrical mirror was used and explained to the exposure mirror which irradiates a mask.

[0071] Next, the gestalt of operation of the 6th of this invention is explained with reference to a drawing. Drawing 11 is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 6th of this invention, drawing 12 is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror, (a) is a side elevation and (b) is a plan. The sign 110 in drawing the point emitting light, and 112 and 122 for SR light source, and 111 and 121 SR light, The flat-surface mirror of the 1st step, and 114 and 124 113 and 123 The flat-surface mirror of the 2nd step, It is SR light by which the flat-surface mirror of the 3rd step a mask, and whose 119 and 129 a shutter and 117 are [ for the cylindrical mirror of the 4th step 115 and whose 125 are exposure mirrors and 116 ] exposure mirrors as for a radiopacity aperture and 118, and 120 were turned to the wafer substrate, and 126 was turned to the mask.

[0072] With the gestalt of this operation, in the gestalt of the 5th operation, it can vibrate so that SR light reflected by having a revolving shaft in the level surface may be diffused in the vertical approach, as the cylindrical mirrors 115 and 125 of the 4th step which were immobilization are shown to about 115 cylindrical mirror of the 4th step of drawing 11 by the arrow head. SR light which carried out incidence to the same point of the cylindrical mirror 125 of the 4th step so that clearly [ in drawing 12 ] turns into the SR light 126 which had a flare perpendicularly, after being reflected by vibrating the cylindrical mirror 125 of the 4th step. From this, SR light will have a flare according to the direction of a vertical as compared with the case where the oscillation of the cylindrical mirrors 115 and 125 of the 4th step is fixed.

[0073] In an X-ray aligner, since a reflection factor changes a lot to the incident angle of a mirror, by rotating a mirror, the incident angle of SR light to a mirror will change, and in the direction where SR light spreads, i.e., the gestalt of this operation, when a mirror rotates, intensity distribution will occur in the direction of a vertical. As the arrow head showed to the direction which SR light can extend on a mask by oscillation of a mirror, i.e., drawing 11 , near the shutter 116, by setting up so that it may move in the direction of a vertical, a shutter 116 can negate the intensity distribution generated by rotating a mirror, and can perform uniform exposure.

[0074] In the gestalt of this operation, namely, 1 set of SR light which carried out outgoing radiation to the both sides of a chief ray at the large include angle Since the cylindrical mirror of the 4th step which is reflected by 2 sets of mirrors which are in the relation of the symmetry of revolution around a chief ray as shown in drawing 11 , and receives the exposure light is vibrated, The reinforcement on overlap and a mask serves as distribution which those SR light tends to amend on a mask.

[0075] Moreover, since SR light reflected by the flat-surface mirror of the 1st step and the 2nd step and

the flat-surface mirror of the 3rd step and SR light which direct-people-\*\* from the light source are reflected by the cylindrical mirror of the 4th step and an angle of divergence is expanded in the direction of a vertical, the field of SR light irradiated by the mask is expanded.

[0076] By making an optical path change SR light which carried out outgoing radiation at the large include angle as a result, the field irradiated by SR light at the same time a rise on the strength is performed by putting together on a mask and irradiating is expanded, and the technical problem that equalization of exposure reinforcement is achieved is realized further.

[0077] Since it is the same as other structures or the gestalt of the 5th operation about a function, explanation is omitted. It is also possible to use and constitute a flat-surface mirror and a spherical-surface mirror from a gestalt of this operation instead of being a cylindrical mirror although the cylindrical mirror was used and explained to the exposure mirror which irradiates a mask.

[0078] Although the aligner used for the device manufacture approach about the gestalt of operation of this invention was explained to the detail, the same structure is applicable to the improvement in utilization effectiveness of the synchrotron orbital radiation of an aligner at large.

[0079]

[Effect of the Invention] Thus, in this invention, it irradiates by the horizontally large angle of divergence from the point emitting light, and by approaches, such as the conventional example (2) and (3), SR light which was not able to be reached and used for a mask can be condensed, an irradiated object can be irradiated, and the utilization effectiveness of SR light improves. If this is used for device manufacture of a semiconductor device etc., while being able to aim at improvement in the throughput at the time of manufacture, by irradiating SR light all over a mask, lowering of the imprint precision by thermal strains, such as a mask, can be prevented, and it is effective in the ability to aim at improvement in the yield.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 1st of this invention.

[Drawing 2] It is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror.

(a) is a side elevation. (b) is a plan.

[Drawing 3] It is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 2nd of this invention.

[Drawing 4] It is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror.

(a) is a side elevation. (b) is a plan.

[Drawing 5] It is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 3rd of this invention.

[Drawing 6] It is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror.

(a) is a side elevation. (b) is a plan.

[Drawing 7] It is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 4th of this invention.

[Drawing 8] It is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a mirror.

(a) is a side elevation. (b) is a plan.

[Drawing 9] It is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 5th of this invention.

[Drawing 10] It is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a

mirror. (a) is a side elevation. (b) is a plan.

[Drawing 11] It is the typical perspective view of the gestalt of operation of the 6th of this invention.

[Drawing 12] It is the typical plot plan showing the relation between the point emitting light and a

mirror. (a) is a side elevation. (b) is a plan.

[Drawing 13] It is the typical perspective view of the aligner of the conventional example (3).

[Description of Notations]

10, 30, 50, 70, 90, 110 SR light source

11, 21, 31, 41, 51, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131 Point emitting light

12, 22, 32, 42, 52, 62, 72, 82, 92, 102, 112, 122 SR light

13, 23, 33, 43, 53, 63, 73, 83, 93, 103, 113, 123 Flat-surface mirror of the 1st step

14, 24, 34, 44, 54, 64, 74, 84, 94, 104, 114, 124 Flat-surface mirror of the 2nd step

15, 25, 35, 45 Flat-surface mirror of the 3rd step

16, 36, 56, 76, 96, 116 Shutter

17, 37, 57, 77, 97, 117 Radiopacity aperture

18, 38, 58, 78, 98, 118, 133 Mask

20, 40, 60, 80, 100, 120 Wafer substrate

26, 46, 66, 86, 106, 126 MASUKUHE \*\*\*\*\* SR light

59, 69, 79, 89 Flat-surface mirror of the 4th step

55, 65, 75, 85 Spherical-surface mirror of the 3rd step

95, 105, 115, 125 Convex cylindrical mirror of the 4th step

99, 109, 119, 129 Flat-surface mirror of the 3rd step

132 Mirror

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-83955

(43)公開日 平成10年(1998) 3月31日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/027			H 0 1 L 21/30	5 3 1 A 5 1 7 5 3 1 E

審査請求 未請求 請求項の数12 O L (全 14 頁)

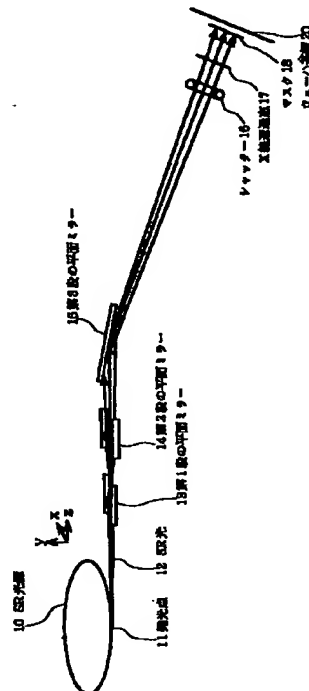
(21)出願番号	特願平9-16236	(71)出願人	000001007 キヤノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
(22)出願日	平成9年(1997) 1月30日	(72)発明者	渡辺 豊 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤ ノン株式会社内
(31)優先権主張番号	特願平8-190913	(74)代理人	弁理士 若林 忠
(32)優先日	平8(1996) 7月19日		
(33)優先権主張国	日本 (J P)		

(54)【発明の名称】 露光装置およびこれを用いたデバイス製造方法

(57)【要約】

【課題】 シート状の電磁波であるSR光の水平方向の大きな発散角を集光することにより、所要露光面に照射される強度を増大させ、スルーホットの向上した露光装置およびこれを用いたデバイス製造方法を提供する。

【解決手段】 SR軌道面上で主光線を挟んで対向し、主光線方向に2段に配置された少なくとも1組の平面ミラー13、14と、平面ミラーから反射されたSR光12を受光して反射し、マスク18に照射する1枚以上の照射ミラー15とを備え、2段に配置された平面ミラーは、第1段の平面ミラー13がSR光12を受光し、主光線を挟んで対向位置にある第2段の平面ミラー14に反射させ、該第2段の平面ミラー14から反射されるSR光はマスクの有効領域が照射可能ように光路が変更され、かつSR光の形成する平面が回転しないように、各平面ミラーの方向および入射するSR光の方向が所定の関係で設定されている。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 SR源から放射された放射光を被照射体に照射する露光装置において、

SR軌道面上で主光線を挟んで対向し、主光線方向に2段に配置された少なくとも1組の平面ミラーと、

前記平面ミラーから反射された前記放射光を受光して反射し、前記被照射体に照射する1枚以上の照射ミラーとを備え、

2段に配置された前記平面ミラーは、第1段の平面ミラーが前記SR源からSR軌道面内に大きな発散角で放射された前記放射光を受光し、前記主光線を挟んで対向位置にある第2段の平面ミラーに反射させ、該第2段の平面ミラーから反射される前記放射光は前記照射ミラーを経由して前記被照射体の有効領域が照射可能なように光路が変更され、かつ光路が変更された前記放射光の形成する平面が前記SR軌道面とは前記主光線方向の回りで回転しないように、前記各平面ミラーの方向および入射する前記放射光の方向が所定の関係で設定されている、ことを特徴とする露光装置。

【請求項2】 放射光の一部が前記放射光源から直接前記照射ミラーに入射し、前記2段に配置された平面ミラーから入射した前記放射光とともに前記被照射体に照射される、請求項1に記載の露光装置。

【請求項3】 前記照射ミラーの少なくとも1枚が振動可能であり、振動によって照射領域を拡げて前記被照射体の有効領域を照射する、請求項1または請求項2に記載の露光装置。

【請求項4】 前記照射ミラーと前記被照射体との間にシャッターを有し、該シャッターの動作方向が振動可能な前記照射ミラーの振動方向と同一である、請求項3に記載の露光装置。

【請求項5】 前記被照射体に照射するための前記照射ミラーが、1枚の平面ミラーから構成されている、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項6】 前記被照射体に照射するための前記照射ミラーが、1枚の球面ミラーから構成されている、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項7】 前記被照射体に照射するための前記照射ミラーが、1枚のシリンドリカルミラーから構成されている、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項8】 前記被照射体に照射するための前記照射ミラーが、1枚の球面ミラーと1枚の平面ミラーから構成されている、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項9】 前記被照射体に照射するための前記照射ミラーが、前記2段に配置された前記平面ミラーに連続して配置された2枚のほぼ対向する平面ミラーと1枚のシリンドリカルミラーとから構成されている、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項10】 前記被照射体に照射するための前記照射ミラーが、前記2段に配置された前記平面ミラーに連続して配置された2枚のほぼ対向する平面ミラーと1枚の球面ミラーとから構成されている、請求項1から請求項4のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項11】 前記被照射体はマスクであり、該マスクのパターンが基板に露光転写される請求項1から請求項10のいずれか1項に記載の露光装置。

【請求項12】 請求項11の露光装置を用いてデバイスを製造することを特徴とするデバイス製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、露光装置、特に放射光源等の光源からのX線あるいは真空紫外線を発散させ、露光領域を拡大して露光する露光装置およびこれを用いたデバイス製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】SR（シンクロトロン放射）光源は、SR軌道面内方向（通例、SR軌道面は、水平面に一致して設置されるため、以下、水平方向と呼ぶ）には大きな発散角をもち、SR軌道面に垂直な方向（同じく、鉛直方向と呼ぶ）には小さな発散角をもつ、シート状の電磁波（X線、真空紫外線を含む）を放射する光源である。鉛直方向の発散角が小さなため、放射光をそのまま照射した場合、鉛直方向には小さな範囲でしか照射されない。そこで、放射光源を用いる露光装置では、SR光源より照射されるX線の露光エリアを鉛直方向に広げるための何らかの方法が必要となる。

【0003】このための方法として、（1）斜入射ミラーをSR光源と露光面との間に配置し、数mradの角度で振動させる方法（R. P. Haelbich他、J. Vac. Sci. & Technol. B1(4)、Oct. ~ Dec. 1983、pp. 1262~1266）、（2）曲面形状の斜入射ミラーをSR光源と露光面との間に配置し、ミラー曲面での反射によって、X線ビームの鉛直方向の発散角を拡大する方法（Warren D. Grobman、handbook on Synchrotron Radiation、Vol. 1、chap. 13、p. 1135、North-Holland Publishing CO.、1983）などが知られている。また、（3）（2）の改良方法として、ミラー形状をシリンドリカル形状からずらし、周辺部の曲率を連続的に小さくすることにより、強度の均一化を図りながらX線ビームの鉛直方向の発散角を拡大する方法（特開平1-244400）がある。図13は従来例（3）の露光装置の模式的斜視図であり、図中符号131は発光点、132はミラー、133はマスクである。発光点131からのSR光は特殊形状のミラー132により鉛直方向に発散角が拡大されてマスク133に照射されている。そしてこのマスクに形成

されたパターンが不図示のウェーハ基板に露光転写される。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】これらの方法のうち、(1)は瞬間的には露光面の一部分にしかビームが照射されず、露光用マスクが部分的に膨張する。この膨張の影響は、ミラーの振動周期が十分に短くなければ除くことができず、微細パターンの正確な転写が困難となる。一方、振動周期を十分に短くするためには大きな駆動パワーが必要となり、実用的には実現できない場合も多い。

【0005】これに対し、(2)は、所要露光面を一括照射できるため、上述した(1)の欠点をカバーする一方策といえる。しかしながら、上記文献では、ミラー形状がシリンダカルであるため、ビームの拡大に伴いエネルギーを著しく損失するという欠点を有するとともに、シート状の電磁波の水平方向の大きな発散角を集光することができず、そのため、水平方向には、発光点と露光領域を結ぶ角度以内のSR光しか利用することができないこととなる。

【0006】(3)は、(2)の欠点のうち、ビームの拡大に伴いエネルギーを損失するという欠点を解決しているが、水平方向には、発光点と露光領域を結ぶ角度以内のSR光しか利用することができないことは(2)と同様である。そのため、所要露光面に照射される強度は、(2)より、大きく改善されているとはいえ、さらに、光源強度の増大を図るか、あるいは、レジストの感度の上昇を図るかの手段を講ずることにより露光のスループット向上を行う必要があった。このことは、SR光源のコスト上昇、SR光源の規模の増大、あるいは、レジスト開発によるコスト上昇を招くこととなる。

【0007】一方、シート状の電磁波の水平方向の大きな発散角を集光するという点においては、(1)の改良として、斜入射ミラーにSR光の光軸と垂直な方向に凹面の曲率を持たせ、SR光を集光しながら数mradの角度で振動させる方法もあるが、瞬間的には露光面の一部分にしかビームが照射されず、ミラーの振動周期を十分に短くすることなしには、微細パターンの正確な転写が困難となることは、(1)と全く同様である。

【0008】本発明の目的は、上記従来例の欠点に鑑み、所要露光面を一括照射することにより微細パターンの正確な転写をおこなうと同時に、シート状の電磁波であるSR光の水平方向の大きな発散角を集光することにより、光源強度の増大を図ることなく、所要露光面に照射される強度の増大を、ひいては、スループットの向上した露光装置を提供することにある。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明の露光装置は、SR源から放射された放射光を被照射体に照射する露光装置において、SR軌道面上で主光線を挟んで対向し、主

光線方向に2段に配置された少なくとも1組の平面ミラーと、平面ミラーから反射された放射光を受光して反射し、被照射体に照射する1枚以上の照射ミラーとを備え、2段に配置された平面ミラーは、第1段の平面ミラーがSR源からSR軌道面内に大きな発散角で放射された放射光を受光し、主光線を挟んで対向位置にある第2段の平面ミラーに反射させ、該第2段の平面ミラーから反射される放射光は照射ミラーを経由して被照射体の有効領域が照射可能ように光路が変更され、かつ光路が変更された放射光の形成する平面がSR軌道面とは主光線方向の回りで回転しないように、各平面ミラーの方向および入射する放射光の方向が所定の関係で設定されている。

【0010】また、放射光の一部がSR光源から直接照射ミラーに入射し、2段に配置された平面ミラーから入射した放射光とともに被照射体に照射されることが好ましい。

【0011】さらに、照射ミラーの少なくとも1枚が振動可能であり、振動によって照射領域を拡げて被照射体の有効領域を照射してもよく、照射ミラーと被照射体との間にシャッターを有し、該シャッターの動作方向が振動可能な照射ミラーの振動方向と同一であってもよい。

【0012】被照射体に照射するための照射ミラーが、1枚の平面ミラーから構成されていてもよく、1枚の球面ミラーから構成されていてもよく、1枚のシリンダカルミラーから構成されていてもよく、1枚の球面ミラーと1枚の平面ミラーから構成されていてもよく、2段に配置された平面ミラーに連続して配置された2枚のほぼ対向する平面ミラーと1枚のシリンダカルミラーとから構成されていてもよく、2段に配置された平面ミラーに連続して配置された2枚のほぼ対向する平面ミラーと1枚の球面ミラーとから構成されていてもよい。

【0013】また、被照射体はマスクであり、該マスクのパターンが基板に露光転写されてもよい。

【0014】本発明のデバイス製造装置は、上述の露光装置を用いてデバイスを製造する。

【0015】本発明においては、加工の容易な平面ミラー2枚をほぼ対向させ、放射光の主光線方向から離れて大きな角度でSR軌道面内に射出された放射光を、被照射体の有効領域を照射するように光路を変更させることにより、2枚の平面ミラーがないときには被照射体を照射できなかった放射光を有効に利用することが可能となる。

【0016】また、本発明においては、2枚の平面ミラーの方向および射出放射光の方向の間に、ある一定の関係を設定することにより、照射ミラーを経由して被照射体の有効領域を照射するように光路を変更させると同時に、SR軌道面内に放射され2枚のミラーで反射された後に放射光の形成する面が、反射される前のSR軌道面とは放射光の主光線方向の回りで回転しないようにする

5

ことに特徴がある。即ち、SR軌道面内に射出された放射光が2枚の平面ミラーで反射された後、強度分布の方向が反射される前の強度分布の方向と同様に鉛直方向である。さらに、この放射光を1枚の球面ミラーあるいはシリンドリカルミラーによりX線ビームの鉛直方向の発散角を拡大することにより、あるいは、1枚の平面ミラーにより、必要な方向に照射することにより、被照射体の有効領域に照射することができる。

【0017】また、第1段、第2段の平面ミラーにより反射され照射ミラーに入射した放射光と、第1段、第2段の平面ミラーの間を通過して直接照射ミラーに入射した放射光とが、被照射体の鉛直方向の座標（ほぼy座標）が異なるようにできるので、被照射体に照射される放射光の領域は拡大されている。

【0018】さらに、照射ミラーの少なくとも1枚が振動可能であり、振動によって照射領域を拡げて被照射体の有効領域を照射することにより、照射ミラーを振動させない場合に比べて照射される被照射体の領域をより拡大することができる。

【0019】

【発明の実施の形態】次に、本発明のデバイス製造方法に用いられている露光装置の実施の形態について図面を参照して説明する。図1は本発明の第1の実施の形態の模式的斜視図であり、図2は発光点とミラーの関係を示す模式的配置図であり、(a)は側面図、(b)は上面図である。図中符号10はSR光源、11、21は発光点、12、22はSR光、13、23は第1段の平面ミラー、14、24は第2段の平面ミラー、15、25は照射ミラーである第3段の平面ミラー、16はシャッター、17はX線透過窓、18はマスク、20はウェーハ基板、26はマスクに向けられたSR光である。

【0020】SR光源10の電子軌道を簡単のため円軌道で表わした。実際のSRはレーストラック形、四角形、その他種々存在するが、ベンディング磁石で電子軌道が曲げられるときにSR光12、22が接線方向に放射される。本実施の形態では、発光点11、21から大きい角度で射出したSR光12、22が第1段の平面ミラー13、23により反射され、その後、第2段の平面ミラー14、24で反射される。ここでは、図1に示すように、第1段のミラー13、第2段のミラー14とも1組2枚が有り、主光線の両側に大きい角度で射出され、それぞれのミラーに入射する2列のSR光をそれぞれ反射する。

【0021】座標系を、図1に示すように、SR軌道面に垂直で上方にy軸とし、SRの電子軌道上のある点（この点を、発光点と呼ぶ）における接線でSR光の射出方向（SR光の主光線方向と呼ぶ）をz軸とし、y軸、z軸とともに垂直で、左手系をなす方向をx軸とする。x、z軸はSR軌道面内にあることになる。マスク18の中心は、ほぼx=0の面、即ち、y-z面内に設

6

置されている。また、発光点からz軸方向に射出するSR光を主光線と呼ぶ。

【0022】図2では、説明を簡単とするため、xの正の方向に角度φで射出したSR光のみを示している。第2段のミラー14、24により反射されたSR光は、照射ミラーである第3段の平面ミラー15、25により反射された後、マスク18の方向に向けられる。その後、露光量を制御するためのシャッター16の開口部を通過して、X線透過窓17を経た後、マスク18に照射される。マスクを透過したSR光は、その後レジスト塗布したウェーハ基板20に照射される。

【0023】本実施の形態では、更に、図1で示されているように、主光線方向に射出したSR光の一部は、第1段の平面ミラー13、23、第2段の平面ミラー14、24に反射されることなく、対向しているミラーの間を通過して直接第3段の平面ミラー15、25により反射され、マスク18の方向に向けられているが、この直接第3の平面ミラーに照射されるSR光はなくてもよい。

20 【0024】SR光は、水平方向（SR軌道面内方向）には大きな発散角をもち、鉛直方向（SR軌道面に垂直な方向）には小さな発散角をもつ、シート状の電磁波（X線、真空紫外線を含む）である（この「水平方向に大きな発散角をもつSR光」は、厳密には一点の発光点から射出しているのではなく、SRの電子軌道上の各点から接線方向に射出している。ここでは、十分点とみなせる程小さい長さのSRの電子軌道から射出してくるSR光を、一点の発光点からその電子軌道の長さに対応した発散角をもって射出してくるSR光とみなしている）。

【0025】本発明においては、加工の容易な平面ミラー2枚をほぼ対向させ、SR光の主光線方向から離れて大きな角度でSR軌道面内に射出されたSR光を、マスクの有効領域を照射するように光路を変更させることにより、2枚の平面ミラーがないときにはマスクを照射できなかった外側のSR光を有効に利用する。

40 【0026】SR軌道面内に放射されたSR光は1つの平面（当然ながらSR軌道面）を形成するが、2枚の平面ミラーで反射された後にも同様に1つの平面を形成しているSR光の平面は、一般的には、反射される前のSR軌道面とは平行とならず、SR光の主光線方向の回りで回転することとなる。SR軌道面内に射出されたSR光は強度が均一であるが、垂直方向に射出されたSR光の強度は一定ではなく、ほぼガウス分布となつているため、SR軌道面内に射出されたSR光は2枚の平面ミラーで反射された後、強度分布の方向が、反射される前の強度分布の方向と異なることとなる。

50 【0027】本発明においては、後述する第2以降の実施の形態も含め、2枚の平面ミラーの方向および射出S

R光の方向の間に、ある一定の関係を設定することにより、マスクの有効領域を照射するように光路を変更させると同時に、SR軌道面内に放射され2枚のミラーで反射された後にSR光の形成する面が、反射される前のSR軌道面とはSR光の主光線方向の回りで回転しないようにすることに特徴がある。即ち、SR軌道面内に出射されたSR光が2枚の平面ミラーで反射された後、強度分布の方向が反射される前の強度分布の方向と同様に鉛直方向である。さらに、このSR光を1枚の球面ミラーあるいはシリンドリカルミラーによりX線ビームの鉛直方向の発散角を拡大することにより、あるいは、1枚の平面ミラーにより、必要な方向に照射することにより、マスクの有効領域に照射することができる。

【0028】以下に、具体的に、2枚の平面ミラーの方向および出射SR光の方向の間に設定されるべきある一定の関係を数式を用いて説明する。

【0029】図2に示されるように、発光点から、水平面内に $\phi$ の角度で出射したSR光のベクトルは、

$$(\sin \phi, 0, \cos \phi)$$

と表わされる。

【0030】第1段のミラーの法線ベクトルとz軸のなす角を $\beta_1$  ( $0 \leq \beta_1 \leq \pi$ )とし、第1段のミラーの法線ベクトルのxy平面への射影がx軸となす角を $\alpha_1$  \*

$$\begin{aligned} & 2[-(1-2\cos^2 \alpha_1 \sin^2 \beta_1) \cos \phi \\ & + 2\cos \alpha_1 \sin \beta_1 \cos \beta_1 \sin \phi] \\ & \times \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 \sin^2 \beta_2 \\ & + (-\sin \alpha_1 \cos \alpha_1 \sin^2 \beta_1 \cos \phi \\ & + \sin \alpha_1 \sin \beta_1 \cos \beta_1 \sin \phi) \\ & \times (1-2\sin^2 \alpha_2 \sin^2 \beta_2) \\ & - \{-2\cos \alpha_1 \sin \beta_1 \cos \beta_1 \cos \phi \\ & + (1-2\sin^2 \beta_1) \sin \phi\} \sin \alpha_2 \sin \beta_2 \cos \beta_2 \end{aligned}$$

と求まる。そのy成分が0であるということは、SR軌道面内に放射された2枚のミラーで反射された後にSR光の形成する面が、反射される前のSR軌道面とはSR光の主光線方向の回りで回転しないことを意味するた \*

$$\begin{aligned} & - \{(1-2\cos^2 \alpha_1 \sin^2 \beta_1) \cos \phi \\ & + 2\cos \alpha_1 \sin \beta_1 \cos \beta_1 \sin \phi\} \\ & \times \sin \alpha_2 \cos \alpha_2 \sin^2 \beta_2 \\ & + (-\sin \alpha_1 \cos \alpha_1 \sin^2 \beta_1 \cos \phi \\ & + \sin \alpha_1 \sin \beta_1 \cos \beta_1 \sin \phi) \\ & \times (1-2\sin^2 \alpha_2 \sin^2 \beta_2) \\ & - \{-2\cos \alpha_1 \sin \beta_1 \cos \beta_1 \cos \phi \\ & + (1-2\sin^2 \beta_1) \sin \phi\} \sin \alpha_2 \sin \beta_2 \cos \beta_2 \end{aligned}$$

=0

(第1式)

の関係を有している時、SR軌道面内に放射され2枚のミラーで反射された後にSR光の形成する面が、反射される前のSR軌道面とはSR光の主光線方向の回りで回★

$$\alpha_2 = \alpha_1 + \pi$$

$$\beta_2 = \pi - \beta_1$$

のとき、 $\phi$ の値に関わりなく成立している。しかしなが☆50☆ら、この場合には、2枚の平面ミラーで反射された後の

\* ( $0 \leq \alpha_1 \leq 2\pi$ )とすると、第1ミラーの法線ベクトルは、

$$(\cos \alpha_1 \sin \beta_1, \sin \alpha_1 \sin \beta_1, \cos \beta_1)$$

と表される。また 第2段のミラーの法線ベクトルとz軸のなす角を $\beta_2$  ( $0 \leq \beta_2 \leq \pi$ )とし、第2段のミラーの法線ベクトルのxy平面への射影がx軸となす角を $\alpha_2$  ( $0 \leq \alpha_2 \leq 2\pi$ )とすると、第2ミラーの法線ベクトルは、

$$(\cos \alpha_2 \sin \beta_2, \sin \alpha_2 \sin \beta_2, \cos \beta_2)$$

と表される。

【0031】水平面内に出射したSR光のベクトル( $\sin \phi, 0, \cos \phi$ )および、SR光のベクトルに垂直で水平面内のベクトル( $\cos \phi, 0, -\sin \phi$ )の第1段のミラーに関する面対性なベクトルを各々求め、次に、そのベクトルの第2段のミラーに関する面対性なベクトルを各々求めることにより、水平面内に出射したSR光の2枚のミラーにより反射された後のベクトル、および、そのベクトルに垂直なベクトルが求まる。2枚のミラーにより反射された後のSR光のベクトルに垂直なベクトルのy成分は、

20

※め、結局、第1段のミラーの方向 $\alpha_1$ 、 $\beta_1$ 、第2段のミラーの方向 $\alpha_2$ 、 $\beta_2$ 、および出射SR光の方向 $\phi$ の間に、

★転しないことになる。

【0032】この関係は、2枚のミラーが完全に対向しているとき、即ち、

(第2式)

光線の向きが、変化しないこととなり、2枚の平面ミラーで反射された後のSR光を1枚の球面ミラーあるいはシリンドリカルミラーによりX線ビームの鉛直方向の発散角を拡大することにより、あるいは、1枚の平面ミラーにより、必要な方向に照射することにより、マスクの有効領域に照射するということができないこととなるため、第2式の2つの条件を満たす解は、好ましくない。

【0033】もちろん、第1式が厳密に満たされるときは、SR軌道面内に放射され2枚のミラーで反射された後にSR光の形成する面が、反射される前のSR軌道面とはSR光の主光線方向の回りで回転しないことになり最も好ましいが、反射される前のSR軌道面とはSR光の主光線方向の回りで5mrad程度ならば回転していても本発明の主旨には反しないため、第1式の絶対値が0.0025以下であれば良い。

【0034】図2に示されたミラーのみについて示すと、本実施の形態では、

$$\phi = 17.5 \text{ mrad}$$

$$\alpha_1 = 2.902 \text{ rad}$$

$$\beta_1 = 13.0 \text{ mrad}$$

$$\alpha_2 = -0.240 \text{ rad}$$

$$\beta_2 = 22.0 \text{ mrad}$$

としてあるため、第1式を満足する。そのため、SR軌道面内に放射され、第2段のミラー24により反射されたSR光の形成する面は、反射される前のSR軌道面とはSR光の主光線方向の回りで回転しない。また、この条件では、図2(b)の上面図に示されているように、第2段のミラー24から反射されたSR光が主光線とはy軸の回りでほとんど回転していないため、特に、マスクに到達したときにx成分がほとんど変化しない。上記条件では、2枚のミラーは、

$$\alpha_1 - \alpha_2 \approx \pi$$

であり、 $\beta_1$ 、 $\beta_2$ が十分小さいため、2枚のミラーはほとんど対向している。

【0035】図2に示された光線と主光線を挟んで逆側の光線、例えば、

$$\phi = -17.5 \text{ mrad}$$

では、2枚のミラーの角度を

$$\alpha_1 = -0.240 \text{ rad}$$

$$\beta_1 = 13.0 \text{ mrad}$$

$$\alpha_2 = 2.902 \text{ rad}$$

$$\beta_2 = 22.0 \text{ mrad}$$

とすることにより、第1式を満足させ、かつ、それぞれのミラーが干渉することなしに、主光線の両側に大きい角度で出射した1組のSR光をマスクの方向に向けられる。

【0036】さらに、本実施の形態においては、主光線の両側に大きい角度で出射した1組のSR光を、図1に示されているように主光線の回りで回転対称の関係に有る2組のミラーで反射しているため、それらのSR光が

マスク上で重なり合い、マスク上での強度がより補正しやすい分布となっている。

【0037】また、第1段、第2段の平面ミラーにより反射され第3段の平面ミラーに反射されたSR光と、第1段、第2段の平面ミラーの間を通過して直接第3段の平面ミラーにより反射されたSR光とが、マスクの鉛直方向の座標（ほぼy座標）が異なるようになっているため、マスクに照射されるSR光の領域は拡大されている。

【0038】結果として、大きい角度で出射したSR光を光路を変更させてマスクに集約して照射することにより強度アップが行われると同時に、SR光に照射される領域を拡大するという課題が実現されている。

【0039】以上の2枚の平面ミラーの方向および出射SR光の方向の間に設定されるべきある一定の関係についての数式を用いた説明は第2以降の実施の形態についても同様に適用される。

【0040】本実施の形態においては、マスクに照射するための照射ミラーである第3段のミラーは1枚の平面ミラーとして説明したが、1枚の球面ミラーやシリンドリカルミラーで構成してもよい。

【0041】次に、本発明の第2の実施の形態について図面を参照して説明する。図3は本発明の第2の実施の形態の模式的斜視図であり、図4は発光点とミラーの関係を示す模式的配置図であり、(a)は側面図、(b)は上面図である。図中符号30はSR光源、31、41は発光点、32、42はSR光、33、43は第1段の平面ミラー、34、44は第2段の平面ミラー、35、45は照射ミラーである第3段の平面ミラー、36はシャッター、37はX線透過窓、38はマスク、40はウェーハ基板、46はマスクに向けられたSR光である。

【0042】本実施の形態では、第1の実施の形態では固定であった第3段の平面ミラー35、45が、図3の第3の平面ミラー35近傍に矢印で示されているように、水平面内に回転軸を有して反射されたSR光を鉛直方法に拡散するように振動可能となっている。図4で明らかのように第3段の平面ミラー45の同一点に入射したSR光は第3段の平面ミラー35を振動させることによって反射された後に垂直方向に拡がりを持ったSR光46となる。このことから、SR光は第3段の平面ミラー35、45の振動により、固定されている場合に比較して鉛直方向により拡がりを有することになる。

【0043】X線露光装置においては、ミラーの入射角に対して反射率が大きく変化するため、ミラーを回転させることによりミラーへのSR光の入射角が変化し、ミラーが回転することによってSR光が拡がる方向、すなわち、本実施の形態においては鉛直方向に、強度分布が発生することになる。シャッター36は、ミラーの振動によりマスク上でSR光が拡げられる方向、すなわち、図3にシャッター36の近傍に矢印で示したように、鉛

## 11

直方向に動くように設定することにより、ミラーを回転することにより発生する強度分布を打ち消し、均一な露光を行なうことができる。

【0044】すなわち、本実施の形態においては、主光線の両側に大きい角度で出射した1組のSR光を、図3に示されているように主光線の回りで回転対称の関係に有る2組のミラーで反射させ、かつ、その照射光を受ける第3段の平面ミラーを振動させているため、それらのSR光がマスク上で重なり合い、マスク上での強度がより補正しやすい分布となっている。

【0045】また、第1段、第2段の平面ミラーにより反射され第3段の平面ミラーに反射されたSR光と、第1段、第2段の平面ミラーの間を通過して直接第3段の平面ミラーにより反射されたSR光とが、マスクの鉛直方向の座標（ほぼy座標）が異なるようになっているため、マスクに照射されるSR光の領域は拡大されている。

【0046】結果として、大きい角度で出射したSR光を光路を変更させてマスクに集約して照射することにより強度アップが行われると同時に、SR光に照射される領域を拡大し、さらに、露光強度の均一化をはかるという課題が実現されている。

【0047】その他の構造や機能については第1の実施の形態と同じなので説明を省略する。本実施の形態においては、マスクに照射するための照射ミラーである第3段のミラーは1枚の平面ミラーとして説明したが、1枚の球面ミラーやシリンドリカルミラーで構成してもよい。

【0048】次に、本発明の第3の実施の形態について図面を参照して説明する。図5は本発明の第3の実施の形態の模式的斜視図であり、図6は発光点とミラーの関係を示す模式的配置図であり、(a)は側面図、(b)は上面図である。図中符号50はSR光源、51、61は発光点、52、62はSR光、53、63は第1段の平面ミラー、54、64は第2段の平面ミラー、55、65は照射ミラーである第3段の球面ミラー、56はシャッター、57はX線透過窓、58はマスク、59、69は照射ミラーである第4段の平面ミラー、60はウェーハ基板、66はマスクに向けられたSR光である。

【0049】SR光源の電子軌道を簡単のため円軌道で表わした。本実施の形態では、発光点51、61から大きい角度で出射したSR光52、62が第1段の平面ミラー53、63により反射され、その後、第2段の平面ミラー54、64で反射される。ここでは、図5に示すように、第1段のミラー53、第2段のミラー54とも1組2枚有り、主光線の両側に大きい角度で出射し、それぞれのミラーに入射する2列のSR光をそれぞれ反射する。図6では、簡単のため、xの正の方向に角度φで出射したSR光のみを示している。第2段のミラー54、64により反射されたSR光は、第3段の球面ミ

## 12

ー55、65により反射され鉛直方向に発散角が拡大される。その後、更に第4段の平面ミラー59、69によりSR光の方向が変えられマスク58の方向に向けられる。その後、露光量を制御するためのシャッター56の開口部を通過して、X線透過窓57を経た後、マスク58に照射される。マスクを透過したSR光は、その後レジストを塗布したウェーハ基板60に照射される。

【0050】本実施の形態では、更に、図5で示されているように、主光線方向に出射したSR光は、第1段の平面ミラー53、63、第2段の平面ミラー54、64に反射されることなく、対向しているミラーの間を通過して直接第3段の球面ミラー55、65により反射され、鉛直方向に発散角が拡大され、第4段の平面ミラーで反射されてマスク58の方向に向けられているが、この直接第3の平面ミラーに照射されるSR光はなくてもよい。

【0051】本実施の形態においても、第1式を満足するように第1段のミラー、第2段のミラーの角度が設定されているため、SR軌道面内に放射され、第2段のミラー64により反射されたSR光の形成する面は、反射される前のSR軌道面とはSR光の主光線方向の回りで回転しない。

【0052】さらに、本実施の形態においても第1の実施の形態と同様に、主光線の両側に大きい角度で出射した1組のSR光を、図5に示されているように主光線の回りで回転対称の関係に有る2組のミラーで反射しているため、それらのSR光がマスク上で重なり合い、マスク上での強度がより補正しやすい分布となっている。

【0053】また、第1段、第2段の平面ミラーにより反射されたSR光と、光源から直接入射するSR光とが第3段の球面ミラーにより反射されるため、マスクに照射されるSR光の領域は拡大されている。

【0054】結果として、本実施の形態においても大きい角度で出射したSR光をマスクに照射することにより強度アップが行われると同時に、SR光に照射される領域を拡大するという課題も実現されている。

【0055】本実施の形態においては、マスクに照射する照射ミラーを第3段の球面ミラーと第4段の平面ミラーの組合せとして説明したが、平面ミラー、球面ミラーおよびシリンドリカルミラーを任意に2枚組合わせて構成することも可能である。

【0056】次に、本発明の第4の実施の形態について図面を参照して説明する。図7は本発明の第4の実施の形態の模式的斜視図であり、図8は発光点とミラーの関係を示す模式的配置図であり、(a)は側面図、(b)は上面図である。図中符号70はSR光源、71、81は発光点、72、82はSR光、73、83は第1段の平面ミラー、74、84は第2段の平面ミラー、75、85は照射ミラーである第3段の球面ミラー、76はシャッター、77はX線透過窓、78はマスク、79、8



13

9は照射ミラー、80はウェーハ基板、である第4段の平面ミラー、86はマスクに向けられたSR光である。

【0057】本実施の形態では、第3の実施の形態では固定であった第4段の平面ミラー79、89が図7の第4段の平面ミラー79近傍に矢印で示されているようにほぼ鉛直方向に振動可能となっており、振動により反射されたSR光を鉛直方向に拡散する。図8で明らかなように第4段の平面ミラー89の同一点に入射したSR光は第4段の平面ミラー89を鉛直方向に振動させることによって反射された後に垂直方向に拡がりを持ったSR光86となる。このことから、SR光は第4段の平面ミラー79、89の振動により、固定されている場合に比較して鉛直方向により拡がりを持つことになる。

【0058】X線露光装置においては、ミラーの入射角に対して反射率が大きく変化し、また、ミラーを振動させることにより振動方向に加速度を有するため、ミラーが振動することによってSR光が拡がる方向、すなわち、本実施の形態においては鉛直方向に、強度分布が発生することになる。シャッター76は、ミラーの振動によりマスク上でSR光が拡げられる方向、すなわち、図7にシャッター76の近傍に矢印で示したように、鉛直方向に動くように設定することにより、ミラーを振動することにより発生する強度分布を打ち消し、均一な露光を行なうことができる。

【0059】すなわち、本実施の形態においては、主光線の両側に大きい角度で出射した1組のSR光を、図7に示されているように主光線の回りで回転対称の関係に有る2組のミラーで反射させ、かつ、その照射光を受ける第4段の平面ミラーを振動させているため、それらのSR光がマスク上で重なり合い、マスク上での強度がより補正しやすい分布となっている。

【0060】また、第1段、第2段の平面ミラーにより反射され第3段の球面ミラーに反射されたSR光と、第1段、第2段の平面ミラーの間を通過して直接第3段の球面ミラーにより反射されたSR光とによって、マスクに照射されるSR光の領域は拡大されている。

【0061】結果として、大きい角度で出射したSR光を光路を変更させてマスクに集約して照射することにより強度アップが行われると同時に、SR光に照射される領域を拡大し、さらに、露光強度の均一化をはかるとい

う課題が実現されている。

【0062】その他の構造や機能については第3の実施の形態と同じなので説明を省略する。本実施の形態においては、マスクに照射する照射ミラーを第3段の球面ミラーと第4段の平面ミラーの組合せとして説明したが、平面ミラー、球面ミラーおよびシリンダカルミラーを任意に2枚組合せて構成することも可能である。

【0063】次に、本発明の第5の実施の形態について図面を参照して説明する。図9は本発明の第5の実施の形態の模式的斜視図であり、図10は発光点とミラーの

14

関係を示す模式的配置図であり、(a)は側面図、

(b)は上面図である。図中符号90はSR光源、91、101は発光点、92、102はSR光、93、103は第1段の平面ミラー、94、104は第2段の平面ミラー、95、105は照射ミラーである第4段のシリンダカルミラー、96はシャッター、97はX線透過窓、98はマスク、99、109は照射ミラーである第3段の平面ミラー、100はウェーハ基板、106はマスクに向けられたSR光である。

10 【0064】SR光源の電子軌道を簡単のため円軌道で表わした。本実施の形態では、発光点91、101から大きい角度で出射したSR光92、102が第1段の平面ミラー93、103により反射され、その後、第2段の平面ミラー94、104で反射される。ここでは、図9に示すように、第1段のミラー93、第2段のミラー94とも1組2枚有り、主光線の両側に大きい角度で出射し、それぞれのミラーに入射する2列のSR光をそれぞれ反射する。図10では、簡単のため、xの正の方向に角度φで出射したSR光のみを示している。第2段のミラー94、104により反射されたSR光は、更に第3段の平面ミラー99、109によりSR光の方向が変えられ、凸面形状をなす第4段のシリンダカルミラー95、105に入射される。凸面シリンダカルミラー95、105により鉛直方向に発散角が拡大され反射されたSR光は、その後、マスク98の方向に向けられる。その後、X線透過窓97を経た後、露光量を制御するためのシャッター96の開口部を通過して、マスク98に照射される。マスクを透過したSR光は、その後レジストを塗布したウェーハ基板100に照射される。

30 【0065】本実施の形態では、更に、図9で示されているように、主光線方向に出射したSR光は、第1段の平面ミラー93、103、第2段の平面ミラー94、104、また第3の平面ミラー99、109に反射されることなく、対向しているミラーの間を通過して直接第4段のシリンダカルミラー95、105により反射され、鉛直方向に発散角が拡大され、マスク98の方向に向けられる。

【0066】本実施の形態においても、第1式を満足するように第1段のミラー、第2段のミラーの角度が設定されているため、SR軌道面内に放射され、第2段のミラー104により反射されたSR光の形成する面は、反射される前のSR軌道面とはSR光の主光線方向の回りで回転しない。

【0067】さらに、本実施の形態においても第1の実施の形態と同様に、主光線の両側に大きい角度で出射した1組のSR光を、図9に示されているように主光線の回りで回転対称の関係に有る2組のミラーで反射しているため、それらのSR光がマスク上で重なり合い、マスク上での強度がより補正しやすい分布となっている。

50 【0068】また、第1段、第2段の平面ミラー、およ

び第3段の平面ミラーにより反射されたSR光と、光源から直接入射するSR光とが第4段のシンドリカルミラーにより反射され鉛直方向に発散角が拡大されるため、マスクに照射されるSR光の領域は拡大されている。

【0069】結果として、本実施の形態においても大きい角度で射出したSR光をマスクに照射することにより強度アップが行われると同時に、SR光に照射される領域を拡大するという課題も実現されている。

【0070】本実施の形態では、マスクに照射する照射ミラーにシンドリカルミラーを用いて説明したがシンドリカルミラーの代りに平面ミラーや球面ミラーを用いて構成することも可能である。

【0071】次に、本発明の第6の実施の形態について図面を参照して説明する。図11は本発明の第6の実施の形態の模式的斜視図であり、図12は発光点とミラーの関係を示す模式的配置図であり、(a)は側面図、

(b)は上面図である。図中符号110はSR光源、111、121は発光点、112、122はSR光、113、123は第1段の平面ミラー、114、124は第2段の平面ミラー、115、125は照射ミラーである第4段のシンドリカルミラー、116はシャッター、117はX線透過窓、118はマスク、119、129は照射ミラーである第3段の平面ミラー、120はウェーハ基板、126はマスクに向けられたSR光である。

【0072】本実施の形態では、第5の実施の形態では固定であった第4段のシンドリカルミラー115、125が図11の第4段のシンドリカルミラー115近傍に矢印で示されているように、水平面内に回転軸を有して反射されたSR光を鉛直方向に拡散するように振動可能となっている。図12で明らかなように第4段のシンドリカルミラー125の同一点に入射したSR光は第4段のシンドリカルミラー125を振動させることによって反射された後に垂直方向に拡がりを持ったSR光126となる。このことから、SR光は第4段のシンドリカルミラー115、125の振動により、固定されている場合に比較して鉛直方向により拡がりを有することになる。

【0073】X線露光装置においては、ミラーの入射角に対して反射率が大きく変化するため、ミラーを回転させることによりミラーへのSR光の入射角が変化し、ミラーが回転することによってSR光が拡がる方向、すなわち、本実施の形態においては鉛直方向に、強度分布が発生することになる。シャッター116は、ミラーの振動によりマスク上でSR光が拡げられる方向、すなわち、図11にシャッター116の近傍に矢印で示したように、鉛直方向に動くように設定することにより、ミラーを回転することにより発生する強度分布を打ち消し、均一な露光を行なうことができる。

【0074】すなわち、本実施の形態においては、主光

線の両側に大きい角度で射出した1組のSR光を、図11に示されているように主光線の回りで回転対称の関係に有る2組のミラーで反射させ、かつ、その照射光を受ける第4段のシンドリカルミラーを振動させているため、それらのSR光がマスク上で重なり合い、マスク上での強度がより補正しやすい分布となっている。

【0075】また、第1段、第2段の平面ミラー、および第3段の平面ミラーにより反射されたSR光と、光源から直接入射するSR光とが第4段のシンドリカルミラーにより反射され鉛直方向に発散角が拡大されるため、マスクに照射されるSR光の領域は拡大されている。

【0076】結果として、大きい角度で射出したSR光を光路を変更させてマスクに集約して照射することにより強度アップが行われると同時に、SR光に照射される領域を拡大し、さらに、露光強度の均一化をはかるとい課題が実現されている。

【0077】その他の構造や機能については第5の実施の形態と同じなので説明を省略する。本実施の形態では、マスクに照射する照射ミラーにシンドリカルミラーを用いて説明したがシンドリカルミラーの代りに平面ミラーや球面ミラーを用いて構成することも可能である。

【0078】本発明の実施の形態についてデバイス製造方法に用いられる露光装置について詳細に説明したが、同様の構造は露光装置全般の放射光の利用効率向上に適用できる。

【0079】

【発明の効果】このように、本発明においては、発光点から水平方向に大きい発散角で照射され、従来例(2)、(3)等の方法ではマスクに到達せず利用することができなかったSR光を集光して被照射体に照射することができ、SR光の利用効率が向上する。これを半導体素子等のデバイス製造に利用すれば、製造時におけるスループットの向上を図ることができるとともに、マスク全面にSR光を照射することにより、マスク等の熱歪による転写精度の低下を防ぐことができ、歩留まりの向上を図ることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態の模式的斜視図である。

【図2】発光点とミラーの関係を示す模式的配置図である。(a)は側面図である。(b)は上面図である。

【図3】本発明の第2の実施の形態の模式的斜視図である。

【図4】発光点とミラーの関係を示す模式的配置図である。(a)は側面図である。(b)は上面図である。

【図5】本発明の第3の実施の形態の模式的斜視図である。

【図6】発光点とミラーの関係を示す模式的配置図であ

17

る。(a)は側面図である。(b)は上面図である。

【図7】本発明の第4の実施の形態の模式的斜視図である。

【図8】発光点とミラーの関係を模式的配置図である。(a)は側面図である。(b)は上面図である。

【図9】本発明の第5の実施の形態の模式的斜視図である。

【図10】発光点とミラーの関係を模式的配置図である。(a)は側面図である。(b)は上面図である。

【図11】本発明の第6の実施の形態の模式的斜視図である。

【図12】発光点とミラーの関係を模式的配置図である。(a)は側面図である。(b)は上面図である。

【図13】従来例(3)の露光装置の模式的斜視図である。

#### 【符号の説明】

10、30、50、70、90、110 SR光源

11、21、31、41、51、61、71、81、9

1、101、111、121、131 発光点

12、22、32、42、52、62、72、82、9 20

18

2、102、112、122 SR光

13、23、33、43、53、63、73、83、9

3、103、113、123 第1段の平面ミラー

14、24、34、44、54、64、74、84、9

4、104、114、124 第2段の平面ミラー

15、25、35、45 第3段の平面ミラー

16、36、56、76、96、116 シャッター

17、37、57、77、97、117 X線透過窓

18、38、58、78、98、118、133 マ

スク

20、40、60、80、100、120 ウェーハ  
基板

26、46、66、86、106、126 マスクへ  
向けられたSR光

59、69、79、89 第4段の平面ミラー

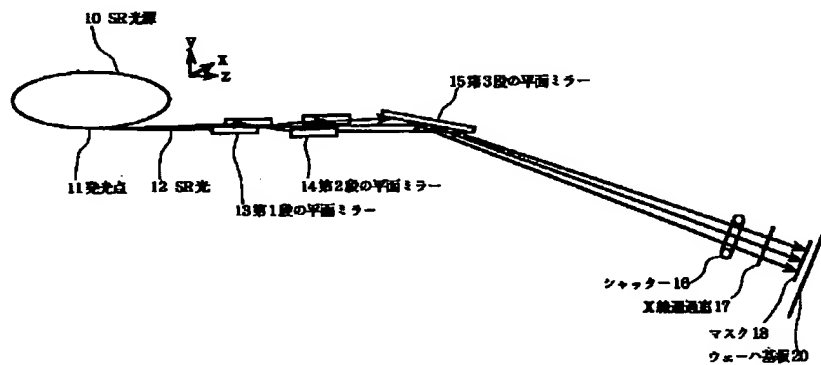
55、65、75、85 第3段の球面ミラー

95、105、115、125 第4段の凸面シリ  
ンドリカルミラー

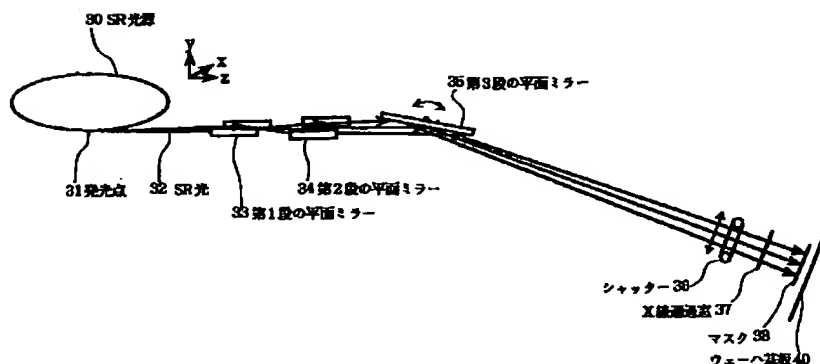
99、109、119、129 第3段の平面ミラー

132 ミラー

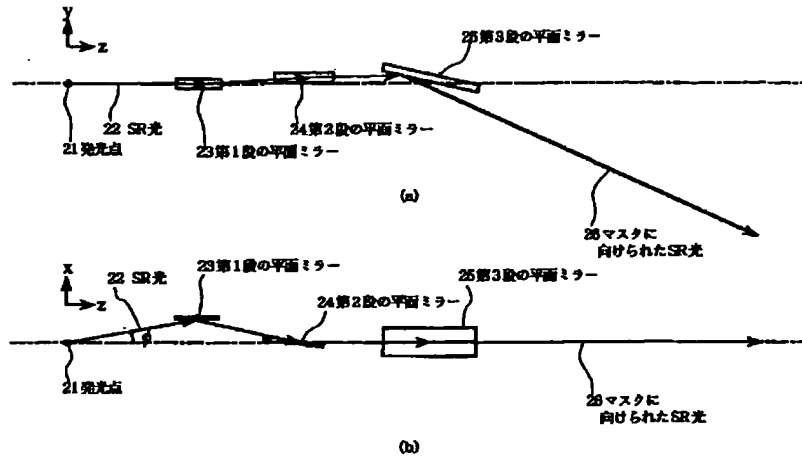
【図1】



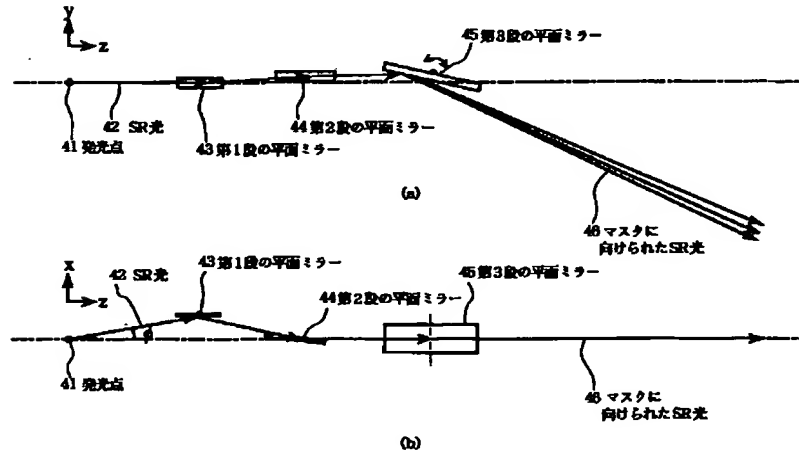
【図3】



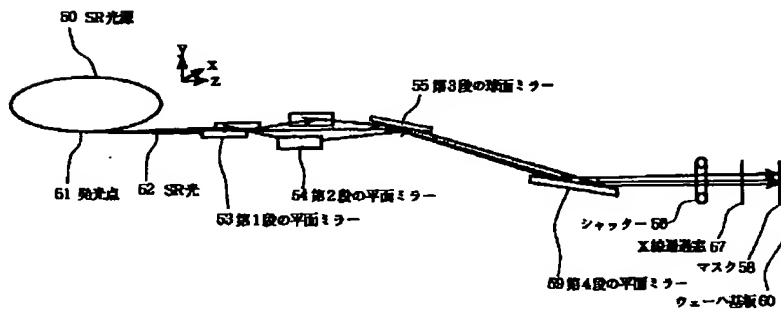
【図2】



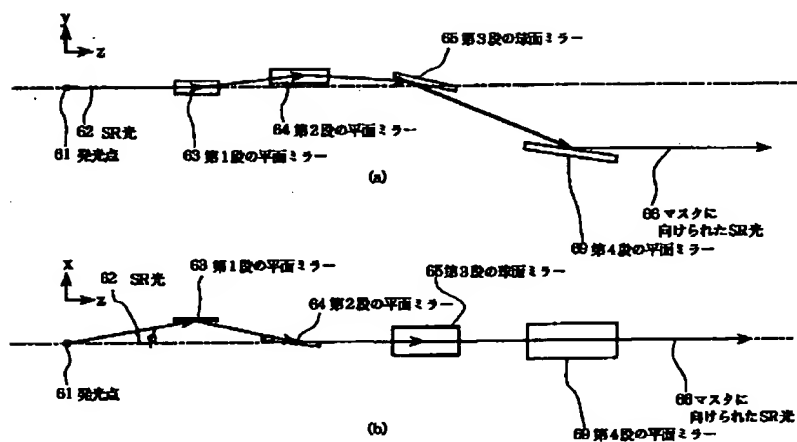
【図4】



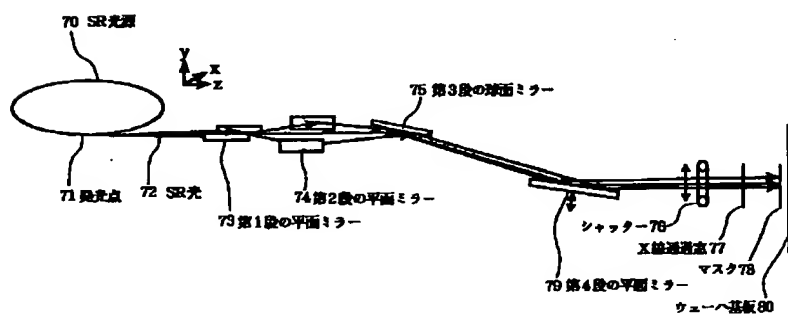
【図5】



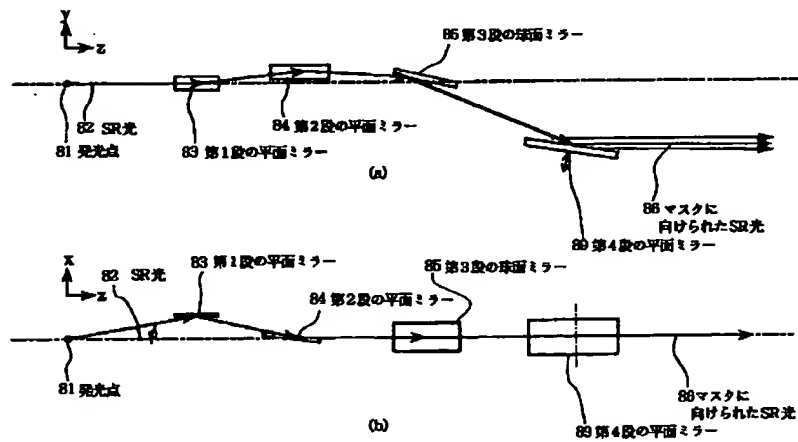
【図6】



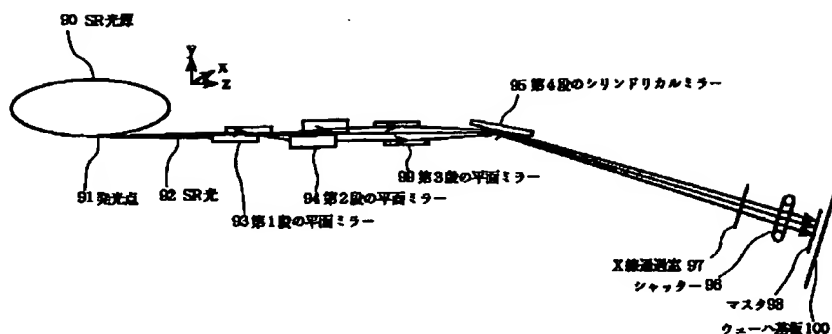
【図7】



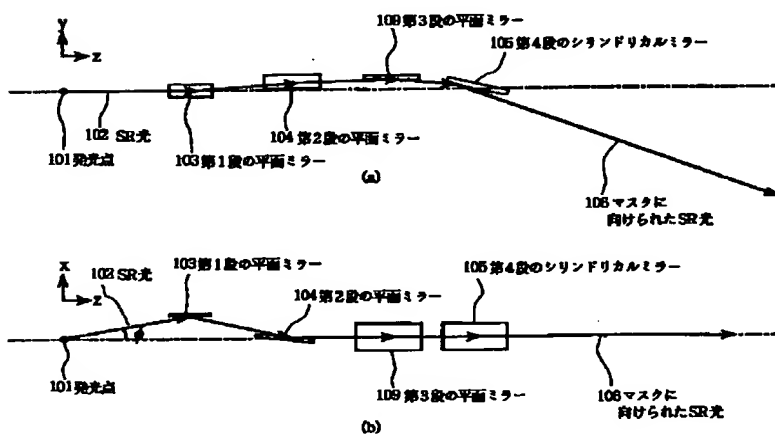
【図8】



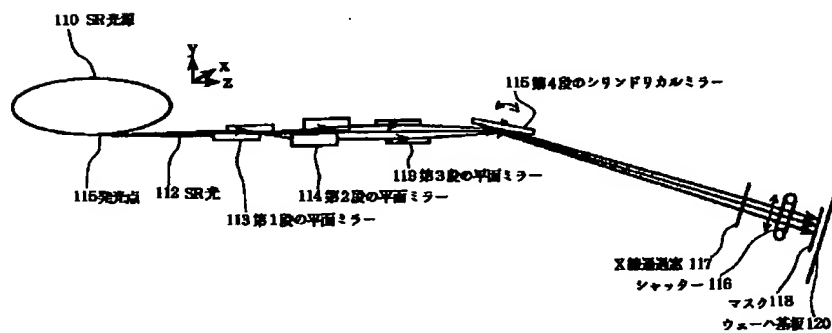
【図9】



【図10】

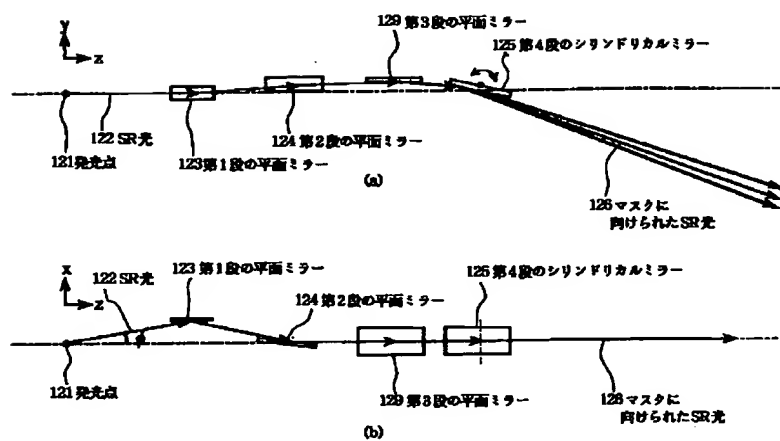


【図11】





【図12】



【図13】

